

COMANDO DA AERONÁUTICA
CENTRO DE INVESTIGAÇÃO E PREVENÇÃO DE
ACIDENTES AERONÁUTICOS



RELATÓRIO FINAL
A-082/CENIPA/2019

OCORRÊNCIA:	ACIDENTE
AERONAVE:	PT-KLO
MODELO:	PA-28-180
DATA:	27MAIO2019



ADVERTÊNCIA

Em consonância com a Lei nº 7.565, de 19 de dezembro de 1986, Artigo 86, compete ao Sistema de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos - SIPAER - planejar, orientar, coordenar, controlar e executar as atividades de investigação e de prevenção de acidentes aeronáuticos.

A elaboração deste Relatório Final, lastreada na Convenção sobre Aviação Civil Internacional, foi conduzida com base em fatores contribuintes e hipóteses levantadas, sendo um documento técnico que reflete o resultado obtido pelo SIPAER em relação às circunstâncias que contribuíram ou que podem ter contribuído para desencadear esta ocorrência.

Não é foco do mesmo quantificar o grau de contribuição dos fatores contribuintes, incluindo as variáveis que condicionam o desempenho humano, sejam elas individuais, psicossociais ou organizacionais, e que possam ter interagido, propiciando o cenário favorável ao acidente.

O objetivo único deste trabalho é recomendar o estudo e o estabelecimento de providências de caráter preventivo, cuja decisão quanto à pertinência e ao seu acatamento será de responsabilidade exclusiva do Presidente, Diretor, Chefe ou correspondente ao nível mais alto na hierarquia da organização para a qual são dirigidos.

Este relatório não recorre a quaisquer procedimentos de prova para apuração de responsabilidade no âmbito administrativo, civil ou criminal; estando em conformidade com o Appendix 2 do Anexo 13 "Protection of Accident and Incident Investigation Records" da Convenção de Chicago de 1944, recepcionada pelo ordenamento jurídico brasileiro por meio do Decreto nº 21.713, de 27 de agosto de 1946.

Outrossim, deve-se salientar a importância de resguardar as pessoas responsáveis pelo fornecimento de informações relativas à ocorrência de um acidente aeronáutico, tendo em vista que toda colaboração decorre da voluntariedade e é baseada no princípio da confiança. Por essa razão, a utilização deste Relatório para fins punitivos, em relação aos seus colaboradores, além de macular o princípio da "não autoincriminação" deduzido do "direito ao silêncio", albergado pela Constituição Federal, pode desencadear o esvaziamento das contribuições voluntárias, fonte de informação imprescindível para o SIPAER.

Consequentemente, o seu uso para qualquer outro propósito, que não o de prevenção de futuros acidentes, poderá induzir a interpretações e a conclusões errôneas.

SINOPSE

O presente Relatório Final refere-se ao acidente com a aeronave PT-KLO, modelo PA-28-180, ocorrido em 27MAIO2019, classificado como “TURB - Encontro com turbulência em voo”.

Durante o voo em rota, sob condições meteorológicas adversas, houve desprendimento de componentes da aeronave em voo, seguindo-se da queda da aeronave.

O piloto e os passageiros sofreram lesões fatais. A aeronave ficou destruída.

Não houve a designação de Representante Acreditado.



ÍNDICE

GLOSSÁRIO DE TERMOS TÉCNICOS E ABREVIATURAS	5
1. INFORMAÇÕES FACTUAIS.....	8
1.1. Histórico do voo.....	8
1.2. Lesões às pessoas.....	8
1.3. Danos à aeronave.	8
1.4. Outros danos.....	9
1.5. Informações acerca do pessoal envolvido.....	9
1.5.1. Experiência de voo dos tripulantes.....	9
1.5.2. Formação.....	9
1.5.3. Categorias das licenças e validade dos certificados e habilitações.....	9
1.5.4. Qualificação e experiência no tipo de voo.....	9
1.5.5. Validade da inspeção de saúde.....	9
1.6. Informações acerca da aeronave.....	9
1.7. Informações meteorológicas.....	11
1.8. Auxílios à navegação.....	16
1.9. Comunicações.....	16
1.10. Informações acerca do aeródromo.....	17
1.11. Gravadores de voo.....	17
1.12. Informações acerca do impacto e dos destroços.....	17
1.13. Informações médicas, ergonômicas e psicológicas.....	20
1.13.1. Aspectos médicos.....	20
1.13.2. Informações ergonômicas.....	20
1.13.3. Aspectos Psicológicos.....	20
1.14. Informações acerca de fogo.....	21
1.15. Informações acerca de sobrevivência e/ou de abandono da aeronave.....	21
1.16. Exames, testes e pesquisas.....	21
1.17. Informações organizacionais e de gerenciamento.....	32
1.18. Informações operacionais.....	33
1.19. Informações adicionais.....	34
1.20. Utilização ou efetivação de outras técnicas de investigação.....	38
2. ANÁLISE.....	38
3. CONCLUSÕES.....	44
3.1. Fatos.....	44
3.2. Fatores contribuintes.....	44
4. RECOMENDAÇÕES DE SEGURANÇA	46
5. AÇÕES CORRETIVAS OU PREVENTIVAS ADOTADAS.....	47

GLOSSÁRIO DE TERMOS TÉCNICOS E ABREVIATURAS

ACA	Aeroclube de Alagoas
AD WRNG	<i>Aerodrome Warnings and Forecasts</i>
AIRMET	<i>Airmen's Meteorological Information</i>
ANAC	Agência Nacional de Aviação Civil
APP	<i>Approach Control - Controle de Aproximação</i>
ATC	<i>Air Traffic Control - Controle de Tráfego Aéreo</i>
ATS	<i>Air Traffic Services - Serviços de Tráfego Aéreo</i>
AVGAS	<i>Aviation Gasoline - Gasolina de Aviação</i>
CA	Certificado de Aeronavegabilidade
CAPPI	<i>Constant Plan Position Indicator</i>
CB	Nuvem <i>Cumulonimbus</i>
CIAC	Centros de Instrução de Aviação Civil
CIMAER	Centro Integrado de Meteorologia Aeronáutica
CENIPA	Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos
CMA	Certificado Médico Aeronáutico
CMV	Centro Meteorológico de Vigilância
COM	Certificado de Organização de Manutenção
COMAER	Comando da Aeronáutica
CPTEC	Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos
CTA	Caminhão - Tanque Abastecedor
DME	<i>Distance Measuring Equipment</i>
E	Este ou Leste
ELT	<i>Emergency Locator Transmitter - Transmissor Localizador de Emergência</i>
ENRC	<i>En-route Chart - Carta de Rota</i>
FAA	<i>Federal Aviation Administration</i>
FIEV	Ficha de Instrumentos e Equipamentos de Voo
FIR-RE	<i>Flight Information Region - Região de Informação de Voo de Recife</i>
FL	<i>Flight Level - Nível de Voo</i>
FPL	<i>Filled Flight Plan - Plano de Voo Apresentado</i>
G	<i>Load Factor - Fator de Carga</i>
GAMET	<i>General Aviation Meteorological Information - Previsão de Área (FIR) ou Subárea</i>
GOES	<i>Geostationary Operational Environmental Satellite</i>
IAE	Instituto de Aeronáutica e Espaço
IAM	Inspeção Anual de Manutenção

IAS	<i>Indicated Airspeed</i> - Velocidade Indicada
ICA	Instrução do Comando da Aeronáutica
ICAO	<i>International Civil Aviation Organization</i> - Organização Internacional da Aviação Civil
IFR	<i>Instrument Flight Rules</i> - Regras de Voo por Instrumentos
IFRA	Habilitação de Voo por Instrumentos - Avião
IMC	<i>Instrument Meteorological Conditions</i> - Condições Meteorológicas de Voo por instrumentos
INSPSAU	Inspeção de Saúde
kt	Unidade de velocidade "nó"
m	Unidade de medida metro
MAXCAPPI	<i>Maximum Constant Altitude Plan Position Indicator</i>
METAR	<i>Meteorological Aerodrome Report</i> - Boletim Meteorológico de Localidade
MGSO	Manual de Gerenciamento de Segurança Operacional
MLTE	Habilitação de Classe Avião Multimotor Terrestre
MNTE	Habilitação de Classe Avião Monomotor Terrestre
N	Norte
NDB	<i>Non Directional Beacon</i>
NM	<i>Nautical Miles</i> - Milhas Náuticas
NSCA	Norma de Sistema do Comando da Aeronáutica
PCM	Licença de Piloto Comercial - Avião
PLA	Licença de Piloto de Linha Aérea - Avião
PMD	Peso Máximo de Decolagem
PN	<i>Part Number</i> - Número de Peça
PPR	Licença de Piloto Privado - Avião
PRI	Categoria de Registro de Aeronave Privada - Instrução
RADAR	<i>Radio Detection And Ranging</i>
RBAC	Regulamento Brasileiro da Aviação Civil
RBHA	Regulamento Brasileiro de Homologação Aeronáutica
REDEMET	Rede de Meteorologia do Comando da Aeronáutica
S	Sul
SACI	Sistema Integrado de Informações da Aviação Civil
SBAR	Designativo de localidade - Aeródromo Santa Maria, Aracaju, SE
SBMO	Designativo de localidade - Aeródromo Zumbi dos Palmares, Maceió, AL
SBSV	Designativo de localidade - Aeródromo Deputado Luís Eduardo Magalhães, Salvador, BA
SE	Sudeste

SGSO	Sistema de Gerenciamento da Segurança Operacional
SIGMET	<i>Significant Meteorological Information</i> - Informações Meteorológicas Significativas
SIGWX	<i>Significant Weather</i> - Carta de Tempo Significativo
SIPAER	Sistema de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos
SN	<i>Serial Number</i> - Número de Série
SNGS	Designativo de localidade - Aeródromo Aeroclube de Alagoas, Maceió
SW	Ponto cardeal Noroeste
TACA	Transporte Aéreo Clandestino
TAF	<i>Terminal Aerodrome Forecast</i> - Previsão Meteorológica de Aeródromo
TCU	<i>Towering Cumulus</i> - <i>Cumulus</i> Encastelados
TMA	<i>Terminal Control Area</i>
TPP	Categoria de Registro de Aeronave de Serviço Aéreo Privado
UTC	<i>Universal Time Coordinated</i> - Tempo Universal Coordenado
VA	<i>Maneuvering Speed</i> - Velocidade Máxima de Manobra
VFR	<i>Visual Flight Rules</i> - Regras de Voo Visual
VMC	<i>Visual Meteorological Conditions</i> - Condições Meteorológicas de Voo Visual
VNE	<i>Never Exceed Speed</i> - Velocidade Nunca Exceder
VNO	<i>Maximum Structural Cruising Speed</i> - Velocidade Máxima Estrutural de Cruzeiro
VOR	<i>Very High Frequency Omnidirectional Range</i>
W	<i>West</i> - Oeste
WS WRNG	<i>Wind Shear Warnings And Alerts</i>

1. INFORMAÇÕES FACTUAIS.

Aeronave	Modelo: PA-28-180	Operador: Aeroclube de Alagoas
	Matrícula: PT-KLO	
	Fabricante: Piper Aircraft	
Ocorrência	Data/hora: 27MAIO2019 - 15:18 (UTC)	Tipo(s): [TURB] Encontro com turbulência em voo
	Local: Porto do Mato	
	Lat. 11°24'53"S Long. 037°21'51"W	Subtipo(s): NIL
	Município - UF: Estância - SE	

1.1. Histórico do voo.

A aeronave decolou do Aeródromo Deputado Luís Eduardo Magalhães (SBSV), Salvador, BA, com destino ao Aeroclube de Alagoas (SNGS), Maceió, AL, às 13h58min (UTC), sob Regras de Voo Visual (VFR), a fim de transportar pessoal, com um piloto e dois passageiros a bordo.

Cerca de uma hora e vinte minutos após a decolagem, durante o voo em rota, sob condições meteorológicas adversas, quando a aeronave se encontrava a, aproximadamente, 30nm a sudoeste do Aeródromo Santa Maria (SBAR), Aracaju, SE, houve perda do contato rádio com o Controle de Aproximação de Aracaju (APP-AR).

Na sequência, houve desprendimento de componentes da aeronave em voo, seguindo-se da queda da aeronave. Posteriormente, os destroços do avião foram localizados em uma área de manguezal no povoado de Porto do Mato, Estância, SE.



Figura 1 - Destroços da aeronave PT-KLO localizados no manguezal.

A aeronave ficou destruída. O piloto e os dois passageiros sofreram lesões fatais.

1.2. Lesões às pessoas.

Lesões	Tripulantes	Passageiros	Terceiros
Fatais	1	2	-
Graves	-	-	-
Leves	-	-	-
Illesos	-	-	-

1.3. Danos à aeronave.

A aeronave ficou destruída.

1.4. Outros danos.

Não houve.

1.5. Informações acerca do pessoal envolvido.

1.5.1. Experiência de voo dos tripulantes.

Horas Voadas	
Discriminação	Piloto
Totais	83:50
Totais, nos últimos 30 dias	07:20
Totais, nas últimas 24 horas	02:40
Neste tipo de aeronave	42:10
Neste tipo, nos últimos 30 dias	07:20
Neste tipo, nas últimas 24 horas	02:40

Obs.: os dados relativos às horas voadas foram obtidos por meio de terceiros.

1.5.2. Formação.

O piloto realizou o curso de Piloto Privado - Avião (PPR) no Aero clube de Alagoas, AL, em 2017.

1.5.3. Categorias das licenças e validade dos certificados e habilitações.

O piloto possuía a licença de Piloto Privado - Avião (PPR) e estava com a habilitação de Avião Monomotor Terrestre (MNTE) válida.

O piloto não possuía a habilitação de Voo por Instrumentos - Avião (IFRA).

1.5.4. Qualificação e experiência no tipo de voo.

O piloto estava qualificado e possuía 83 horas e 50 minutos de voo nas aeronaves PA-28-180 e AB-115.

1.5.5. Validade da inspeção de saúde.

O piloto estava com o Certificado Médico Aeronáutico (CMA) válido.

1.6. Informações acerca da aeronave.

A aeronave, de número de série (SN) 287405243, foi fabricada pela *Piper Aircraft*, em 1974, e estava registrada na Categoria de Serviços Privada - Instrução (PRI).

O Certificado de Aeronavegabilidade (CA) estava válido.

As cadernetas de célula, motor e hélice estavam com as escriturações atualizadas.

A última inspeção da aeronave, do tipo "Inspeção Anual de Manutenção (IAM)", foi realizada em 31MAR2019, pela organização de manutenção TBA - Tecnologia Brasileira de Aeronáutica S.A, em Maceió, AL, estando com 45 horas e 20 minutos voados após a inspeção.

O avião era um monomotor convencional de asa baixa, duplo comando (*side by side*), com a estrutura de fuselagem metálica e trem de pouso fixo tipo triciclo, equipado com um motor *Lycoming*, modelo O-360-A4A, (SN) L-19060-36A, que possuía um total de 6.401 horas, sendo 740 horas e 55 minutos de voo desde a revisão geral.

A hélice, marca *Sensenich*, modelo 76EM8S5-0-60, (SN) 13724K, possuía 6.401 horas totais de funcionamento, sendo 740 horas e 55 minutos desde a revisão geral.

Conforme a ficha de Peso e Balanceamento, o peso vazio da aeronave era de 705kg. O Peso Máximo de Decolagem (PMD) era de 1.086kg e, para efeito de planejamento do voo, o consumo de combustível era considerado de 35 litros por hora.

Antes do voo que culminou no acidente, a aeronave foi reabastecida pelo piloto com 84 litros de gasolina de aviação (AVGAS), ficando com a capacidade máxima dos tanques (189 litros).

Assim, o peso da aeronave no momento da decolagem foi calculado conforme os dados abaixo:

Peso Básico da Aeronave:	705 kg
*Combustível:	136 kg
Piloto:	75 kg
Passageiros: (A=75 kg + B= 97 kg)	172 kg
Bagagem:	15 kg
Peso de Decolagem:	1.103 kg
*1 litro AVGAS = 0,72 kg	

Considerando que o consumo de combustível em rota foi de, aproximadamente, 47 litros, estimou-se que o peso da aeronave no momento da ocorrência era de 1.069 kg.

Na data do acidente, a aeronave encontrava-se equipada com um *Emergency Locator Transmitter* (ELT), modelo *Kannad 406 AF - Compact, Part Number* (PN) S1840501-01 e *Serial Number* (SN) 2621026-0073.

A aeronave não estava equipada com radar meteorológico e não era certificada para voar sob Regras de Voo por Instrumentos (IFR), sendo autorizada pela Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC) operar sob Regras de Voo Visual (VFR) noturno e, para efeito de instrução IFR sob capota, em Condições de Voo Visual (VMC).

Conforme a Ficha de Instrumentos e Equipamentos de Voo (FIEV), atualizada em março de 2019, a aeronave era equipada com os instrumentos abaixo (Figura 2):

Instrumento de Navegação	Posição no Painel	Quantidade
Indicador de velocidade do ar	Esquerdo	1
Indicador giroscópico de razão de curva	Esquerdo	1
Indicador giroscópico de direção	Esquerdo	1
Indicador de velocidade vertical	Esquerdo	1
Indicador de derrapagem	Esquerdo	1
Horizonte artificial	Esquerdo	1
Altímetro	Esquerdo	1
Bússola magnética	Central	1
Relógio cronômetro	Esquerdo	1

Figura 2 - Ficha de Instrumentos e Equipamentos de Voo do PT-KLO.

A aeronave PA-28 era equipada com um estabilizador horizontal (estabiprofundor) no qual havia um compensador central (Figura 3).

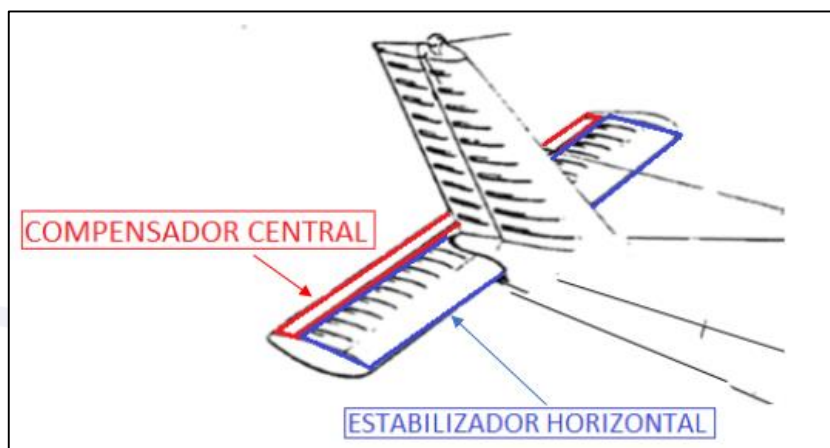


Figura 3 - Detalhes da região da empennagem do PA-28.

1.7. Informações meteorológicas.

O local do acidente, no município de Estância, SE, encontrava-se distante aproximadamente 197km a nordeste de Salvador, 57km a sudoeste de Aracaju, 269km a sudoeste do aeródromo de destino (SNGS) e 278km a sudoeste de Maceió (Figura 4).

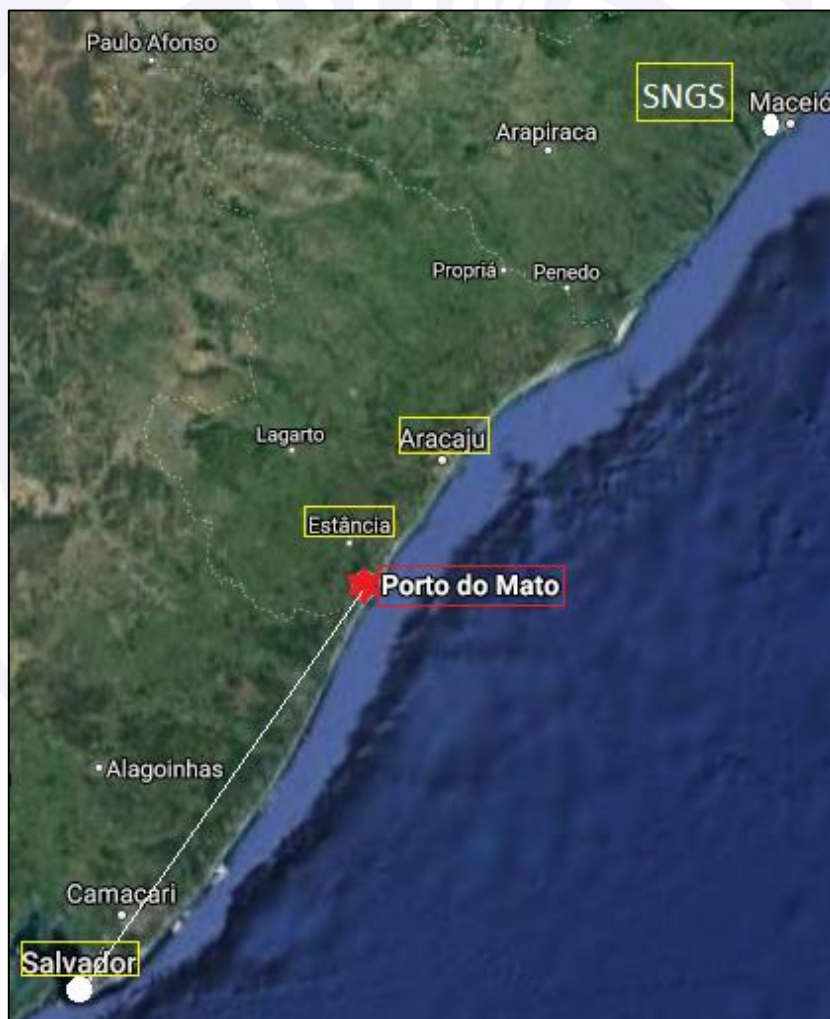


Figura 4 - Visualização geral da rota e do local do acidente.
(Fonte: adaptado Google Maps)

No levantamento das condições meteorológicas, como SNGS não possuía informação oficial, foram considerados os dados do Aeródromo Zumbi dos Palmares, Maceió, AL (SBMO) como ponto mais próximo (distante 9km a noroeste de SNGS). A cidade de

Estância/SE também não possuía informação meteorológica oficial, para tanto foram considerados os dados de SBAR (a 57km de distância), como local mais próximo do acidente.

As informações e produtos meteorológicos utilizados nas descrições abaixo estavam disponibilizados nos sites da REDEMET (Rede de Meteorologia do Comando da Aeronáutica) e CPTEC (Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos).

- Descrição das Previsões meteorológicas

A aeronave decolou de SBSV, às 13h58min (UTC). De acordo com a carta de vento do nível FL050 das 12h00min (UTC), válida das 09h00min (UTC) às 15h00min (UTC), do dia 27MAIO2019, o vento previsto para o nível tinha direção predominante de Leste/Sudeste (E/SE) e velocidade entre 10kt e 20kt (Figura 5).

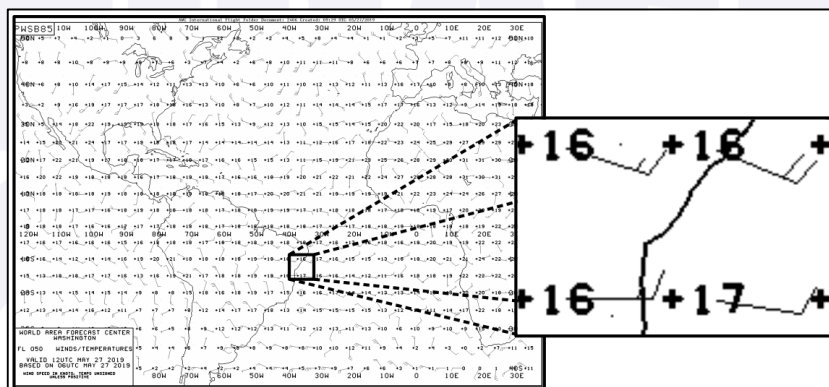


Figura 5 - Carta de vento do FL050 das 12h00min (UTC) do dia 27MAIO2019.
(Fonte: adaptado REDEMET).

A carta de vento do nível FL050 das 18h00min (UTC), válida das 15h00min (UTC) às 21h00min (UTC), do dia 27MAIO2019, mantinha a direção predominante do vento anterior, com velocidade de 10kt a 15kt.

Por sua vez, a Carta de Tempo Significativo (SIGWX) da superfície ao FL250 das 12h00min (UTC), válida das 09h00min (UTC) às 15h00min (UTC), do dia 27MAIO2019, previa para a região a presença de tempo nublado e nuvens baixas com base a 1.700ft de altura e topo a 4.000ft (Figura 6).

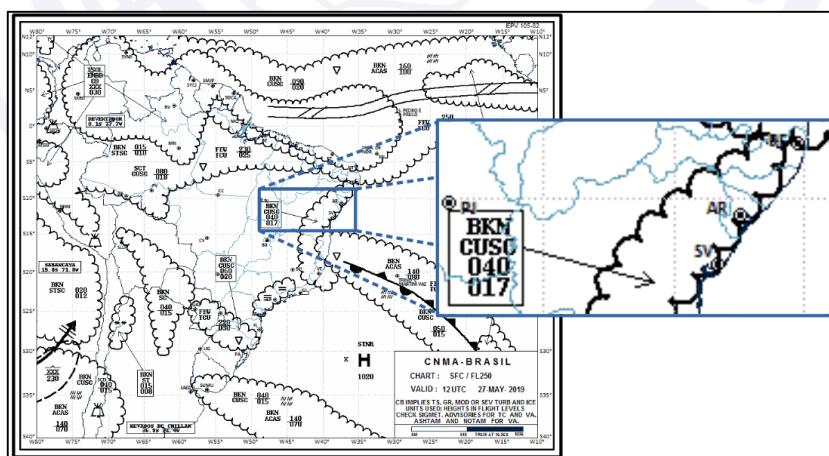


Figura 6 - Carta SIGWX das 12h00min (UTC), dia 27MAIO2019.
Fonte: (adaptado REDEMET)

A SIGWX da superfície ao FL250 das 18h00min (UTC), válida das 15h00min (UTC) às 21h00min (UTC), do dia 27MAIO2019, previa para a região a presença de tempo nublado e nuvens baixas com base a 1.400ft de altura e topo a 5000ft, poucas nuvens

Towering Cumulus (TCU) com base a 2.000ft de altura e topo a 22.000ft e nuvens médias com base a 8.000ft de altura e topo a 13.000ft e pancadas de chuva (Figura 7).

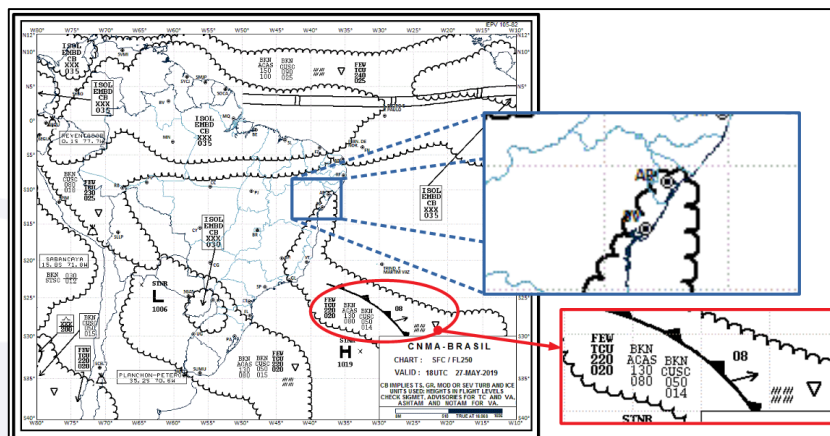


Figura 7 - Carta SIGWX das 18h00min (UTC), dia 27MAIO2019.
(Fonte: adaptado REDEMET).

O *General Aviation Meteorological Information* (GAMET) da previsão de área da Região de Informação de Voo Recife (FIR-RE), do dia 27MAIO2019, com validade das 12h00min (UTC) às 18h00min (UTC), previa para a região solicitada tempo nublado e nuvens baixas a 800ft de altura, nuvens esparsas a 2.500ft, nuvens TCU isoladas a 2.500ft, nuvens Cumulonimbus (CB) isoladas a 3.500ft de altura e vento para o FL050 de direção Leste, com velocidade de 16kt (Figura 8).

SBRE	GAMET	27/05/2019	12:00	SBRE GAMET VALID 271200/271800 SBRF- SBRE RECIFE FIR BLW FL100 SECN I SFC VIS: 4000M RA N OF S07W033/ S07W036/ S06W039/ S04W042 AREA SIGWX: ISOL TS N S07W033/ S07W036/ S06W039/ S04W042 AREA ISOL TS OVER OTHER FIR-RE AREA SIG CLD: ISOL CB 3000/ABV 10000FT AND ISOL TCU 2500/ABV 10000FT AGL/AMSL N OF S07W033/ S07W036/ S06W039/ S04W042 AREA ISOL CB 3500/ABV 10000FT AGL/AMSL ISOL TCU 2500/ABV 10000FT AGL/AMSL OVER OTHER FIR-RE AREAS SECN II PSYS: NIL WIND/T: 2000FT 10007KT PS23 5000FT 10016KT PS17 100FT 13009KT PS10 CLD: BKN CUSC 2500/9000FT N OF S07W033/ S07W036/ S06W039/ S04W042 AREA BKN STSC 0800/1200FT SCT CUSC 2500/8000FT OVER OTHER FIR-RE AREAS FZLVL: ABV 10000FT AGL/ AMSL MNM QNH: 1016HPA SEA: T29 HGT 1,7M VA: NIL=
------	-------	------------	-------	--

Figura 8 - GAMET da FIR-RE das 12h00min (UTC), dia 27MAIO2019.
(Fonte: REDEMET).

O GAMET consistia em previsão de área, em linguagem clara e abreviada, para voos em níveis baixos, referente a uma FIR (ou setores de FIR), preparada por um Centro Meteorológico apropriado e divulgada aos Centros Meteorológicos das FIR adjacentes.

Não foram emitidos *Airmen Meteorological Information* (AIRMET), *Aerodrome Warnings and Forecasts* (AD WRNG) ou *Wind Shear Warnings and Alerts* (WS WRNG).

Os AIRMET eram mensagens expedidas por um Centro Meteorológico de Vigilância (CMV), voltada para aeronaves em níveis baixos (até o FL100).

- Descrição das Condições Meteorológicas Observadas

De acordo com o Parecer Meteorológico elaborado pelo Centro Integrado de Meteorologia Aeronáutica (CIMAER), as imagens de satélite GOES-16, do dia 27MAIO2019, entre 14h00min (UTC) e 16h00min (UTC):

“evidenciaram a presença de nebulosidade em tons de cinza escuro, cinza médio e, de forma isolada, cinza claro em grande parte da região, com maior concentração na faixa litorânea de SBSV até norte de SE.”

São colorações indicativas de nuvens baixas, médias e de TCU (nuvens convectivas de grande desenvolvimento vertical) que surgem numa atmosfera instável e estão

associadas à turbulência, formação de gelo, fortes ventos (rajadas) e pancadas de chuva (precipitação que geralmente ocorre de forma localizada, sendo volumosa e de curta duração). (Figura 9)

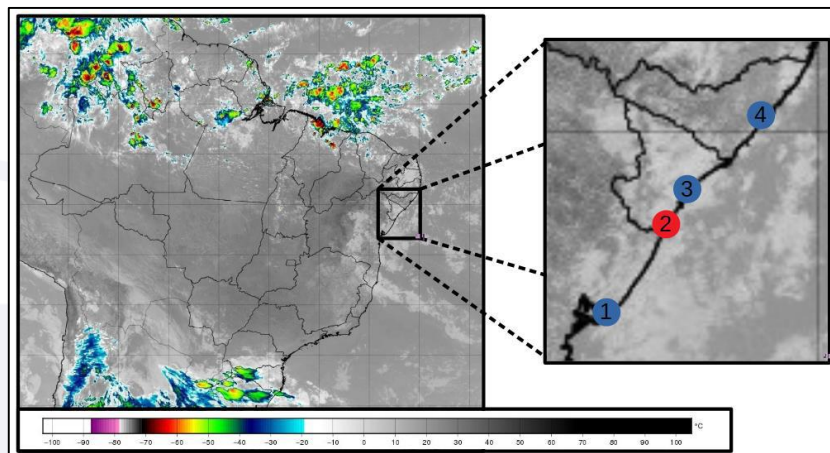


Figura 9 - Imagem de satélite do GOES-16, das 15h00min (UTC), dia 27MAIO2019.
(Fonte: adaptado CPTec)

No destaque: 1-Salvador; 2-Local do acidente; 3-Aracaju; 4- Maceió.

Ainda conforme o Parecer do CIMAER, as imagens do *Maximum Constant Altitude Plan Position Indicator* (MAXCAPPI) dos radares meteorológicos de Salvador (Figura 10A) e Maceió (Figura 10B), do dia 27MAIO2019, entre 14h00min (UTC) e 16h00min (UTC), evidenciaram:

“a presença de núcleos de precipitação de tonalidades que variavam desde o azul (chuva muito fraca) passando pelo verde e amarelo (chuva fraca e moderada) chegando até o vermelho em alguns pontos (chuva forte).”

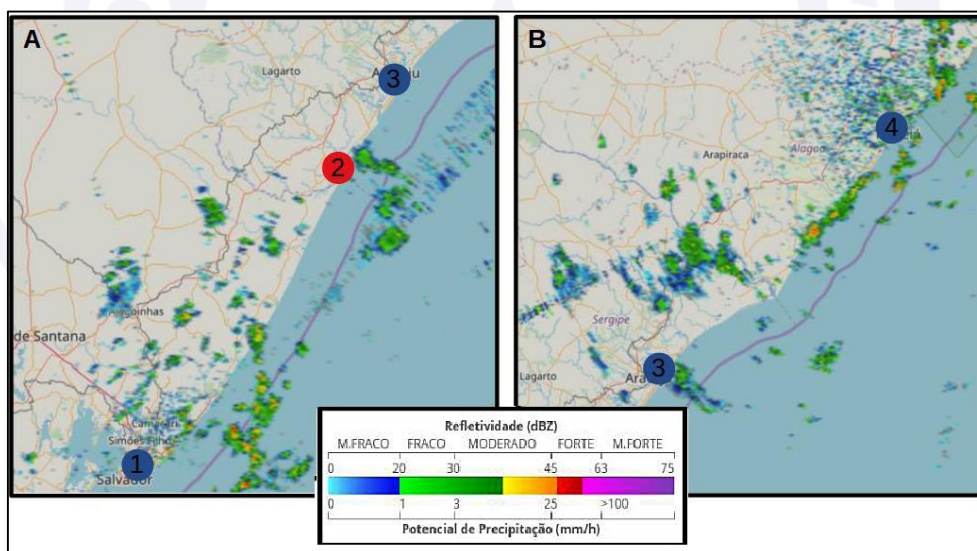


Figura 10 - Imagem MAXCAPPI dos radares meteorológicos de Salvador (A) e Maceió (B), das 15h08min, dia 27MAIO2019 (UTC).
(Fonte: adaptado REDEMET)

O MAXCAPPI fornecia a projeção, em um plano horizontal constante pré-definido, dos dados de refletividade, taxa de precipitação, velocidade radial média ou largura espectral, obtidos através de uma varredura volumétrica. Era utilizado para monitoramento de precipitação, permitindo uma rápida informação sobre a estrutura do sistema atuante.

Os núcleos de chuva deslocavam-se do mar em direção ao continente se estendendo por toda a faixa litorânea de Salvador até norte de Maceió, ocorrendo de forma intermitente

e em pontos isolados, típicos de atividade de nuvens convectivas - nuvens que surgem numa atmosfera instável na presença de umidade e possuem desenvolvimento vertical.

Os Boletins Meteorológicos de Localidade (METAR) de SBSV, SBAR e SBMO traziam as seguintes informações (Figuras 11, 12 e 13):

SBSV	METAR	27/05/2019 14:00	METAR SBSV 271400Z 12008KT 090V160 9999 SCT020 SCT060 30/22 Q1016=
SBSV	METAR	27/05/2019 15:00	METAR SBSV 271500Z 10010KT 9999 VCSH SCT020 FEW023TCU SCT060 29/22 Q1015=
SBSV	METAR	27/05/2019 16:00	METAR SBSV 271600Z 12008KT 090V150 9999 VCSH SCT020 FEW023TCU BKN060 29/22 Q1014=

Figura 11 - METAR de SBSV das 14h00min às 16h00min (UTC)
(Fonte: REDEMETS)

As condições meteorológicas de SBSV reportavam vento em superfície de Sudeste (SE) com velocidade de 08kt a 10kt, presença de nuvens baixas esparsas a 2.000ft, poucas nuvens TCU a 2.300ft, nuvens baixas esparsas/nublado a 6.000ft e pancadas de chuva na vizinhança do aeródromo.

SBAR	METAR	27/05/2019 14:00	METAR SBAR 271400Z 10013KT 9999 VCSH SCT017 BKN070 29/23 Q1015=
SBAR	METAR	27/05/2019 15:00	METAR SBAR 271500Z 08011KT 9999 VCSH SCT017 BKN050 27/23 Q1014=
SBAR	METAR	27/05/2019 16:00	METAR SBAR 271600Z 06011KT 5000 RA FEW013 BKN015 FEW020TCU BKN050 25/22 Q1014=

Figura 12 - METAR de SBAR das 14h00min às 16h00min (UTC)
(Fonte: REDEMETS)

As condições meteorológicas observadas em SBAR relataram vento em superfície variando de Sudeste (SE) a Leste (E) com velocidade entre 11kt e 13kt, presença de nuvens baixas esparsas a 1.700ft, tempo nublado, nuvens baixas a 5.000ft, nuvens médias a 7.000ft e pancadas de chuva na vizinhança do aeródromo.

Especificamente no METAR das 16h00min (UTC), houve uma degradação das condições meteorológicas com vento registrado de Nordeste (NE) com 11kt, visibilidade horizontal predominante de 5.000m, chuva moderada, poucas nuvens baixas a 1.300ft, nuvens baixas com tempo nublado a 1.500ft, poucas nuvens TCU a 2.000ft, nuvens baixas com tempo nublado a 5.000ft.

SBMO	METAR	27/05/2019 14:00	METAR SBMO 271400Z 08005KT 9999 SCT025 29/21 Q1015=
SBMO	METAR	27/05/2019 15:00	METAR SBMO 271500Z 09007KT 9999 SCT025 30/21 Q1014=
SBMO	METAR	27/05/2019 16:00	METAR SBMO 271600Z 11008KT 9999 BKN030 30/21 Q1014=

Figura 13 - METAR de SBMO das 14h00min às 16h00min (UTC)
(Fonte: REDEMETS)

As condições meteorológicas observadas em SBMO indicavam vento em superfície de Leste (E) com velocidade de 05kt a 08kt, presença de nuvens baixas esparsas/nublado de 2.500ft a 3.000ft.

- Síntese das condições meteorológicas

Diante das condições meteorológicas previstas e observadas expostas acima para a região solicitada, entre as 14h00min (UTC) e 16h00min (UTC), do dia 27MAIO2019, o vento possuía direção E/SE, com intensidade leve a moderada, variando de 05kt a 10kt em superfície e de 10kt a 20kt para o FL050.

A nebulosidade era predominantemente baixa, com maior concentração na faixa entre SBSV e SBAR, variando de esparsas a nublado e a menor altura em 1.300ft. Havia ainda a presença de poucas nuvens TCU, com base variando de 2.000ft a 2.300ft e pancadas isoladas de chuva de intensidade moderada a forte em toda a extensão de SBSV a SBMO.

A precipitação, em grande parte, atingiu a faixa litorânea e, apresentava um deslocamento do mar em direção ao continente. As nebulosidades tinham topo geralmente em torno do FL100, porém as de maior desenvolvimento vertical conseguiram chegar ao FL180 e passaram pela região do acidente.

Dessa forma, o Parecer Meteorológico elaborado pelo CIMAER concluiu que:

“ ... as condições meteorológicas gerais eram propícias ao voo. Todos os aeródromos abrangidos neste parecer permaneceram em operação visual. **Porém a presença da camada de nuvens baixas em grande parte da rota, com destaque para o trecho entre SBSV e SBAR, constituiu fator limitante do nível de voo para que se pudesse permanecer em condições VMC.** Aliado a isso, algumas áreas da região, inclusive a do local do acidente, sofreram de forma temporária com precipitações de intensidade moderada a forte associadas a nuvem TCU que localmente pode restringir a visibilidade além da instabilidade típica que provoca.” **(grifo nosso)**

As condições meteorológicas não se apresentavam favoráveis ao voo visual no nível de voo solicitado.

Segundo relatos, o piloto costumava utilizar a *internet* para consultar as informações meteorológicas da rota por meio do seu *smartphone*.

1.8. Auxílios à navegação.

O Plano de Voo Apresentado (FPL) previa a saída da aeronave pelo setor nordeste de Salvador, com ascensão para o FL 075, sob as Regras de Voo Visual.

No momento da decolagem de SBSV, todos os auxílios à navegação e ao pouso operavam normalmente

Durante a subida, a aeronave contou com o serviço radar, sendo autorizada pelo Controle de Aproximação de Salvador (APP-SV) a manter o FL 055.

A 64nm de Salvador, houve o encerramento do serviço radar, seguindo-se da transferência da coordenação do voo para o Controle de Aproximação de Aracaju (APP-AR).

Após apresentar dificuldades em manter a comunicação bilateral com o APP-SV, o PT-KLO reportou a entrada na *Terminal Control Area Aracaju (TMA-AR)*, com base nas informações obtidas do *Very High Frequency Omnidirectional Range (VOR)/Distance Measuring Equipment (DME)* de SBAR.

No momento do acidente, os órgãos de Controle de Tráfego Aéreo (ATC) não dispunham de informação acerca da altimetria da aeronave.

1.9. Comunicações.

De acordo com as transcrições dos áudios de comunicação entre a aeronave e os órgãos ATC, verificou-se que o PT-KLO manteve contato rádio com o APP-AR nos instantes finais do voo, sendo destacadas as seguintes mensagens (Figura 14):

HORA (UTC)	EMISSOR DA MENSAGEM	MENSAGEM
15h17min20s	PT-KLO	Aracaju <i>Kilo Lima Oscar</i> informa que tá efetuando desvios... desvios...
15h17min27s	APP-AR	<i>Kilo Lima Oscar</i> efetuando desvios confirme qual rumo...
15h17min30s	PT-KLO	Tá no rumo oposto, senhor, da rota...
15h17min31s	APP-AR	Não foi possível copiar <i>Kilo Lima Oscar</i> ...
15h17min46s	APP-AR	<i>Kilo Lima Oscar</i> informe o rumo que irá manter...
15h17min56s	APP-AR	<i>Lima Oscar</i> recebe o controle Aracaju?
15h18min12s	APP-AR	<i>Papa Tango Lima Oscar</i> recebe o controle Aracaju?
15h18min36s	APP-AR	<i>Papa Tango Lima Oscar</i> recebe o controle Aracaju?

Figura 14 - Comunicações bilaterais estabelecidas entre o PT-KLO e o APP-AR.

1.10. Informações acerca do aeródromo.

A ocorrência se deu fora de aeródromo.

1.11. Gravadores de voo.

Não requeridos e não instalados.

1.12. Informações acerca do impacto e dos destroços.

Os destroços foram encontrados nas coordenadas geográficas 11°24'53"S/ 037°21'51"W, em uma área de manguezal, com vegetação fechada e característica daquele tipo de ecossistema, localizada às margens do Rio Piauitinga, aproximadamente a 30nm a sudoeste de SBAR e cerca de 1.300 metros à esquerda da rota pretendida (Figura 15).



Figura 15 - Vista aérea do núcleo dos destroços na área de manguezal.

Várias partes da aeronave se separaram ainda em voo, tendo sido encontradas no solo, em uma disposição predominantemente linear.

Até a separação das partes em voo, não houve indícios de colisão da aeronave com obstáculos.

Observadores que se encontravam em uma praia nas proximidades do local do acidente, chamada Ponta do Saco, relataram que a aeronave entrou em uma nuvem negra e, ao sair, encontrava-se separada em várias partes, iniciando uma trajetória descendente, sem explosão.

Outros observadores, que se encontravam em Porto do Mato, relataram que a aeronave surgiu das nuvens em uma trajetória descendente, aparentemente em voo reto,

seguindo-se do desprendimento de partes da aeronave que, por sua vez, iniciou um giro no sentido horário, que se manteve até colidir contra o terreno (Figura 16).



Figura 16 - Imagens fotográficas oriundas de observadores no solo indicam partes da aeronave desprendidas em voo.

As diversas partes da aeronave, tendo como ponto de referência o núcleo dos destroços (fuselagem, asa esquerda e motor), foram assim localizadas: a asa direita a 470m, o lado direito do estabilizador horizontal a 480m e a carenagem do cone de cauda a 340m de distância (Figura 17).



Figura 17 - Croqui do acidente sobreposto à vista do Google Maps.

Em data posterior à presença dos técnicos do Sistema de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos (SIPAER) no local do acidente, outra parte do estabilizador horizontal (lado esquerdo) foi localizada a 460m do núcleo dos destroços.

Da mesma forma, outras partes da carenagem e o trem de pouso principal esquerdo foram localizados por populares em diversos pontos do manguezal.

A distribuição dos destroços, identificada na Figura 23, indicou que o eixo do deslocamento, estimado em 056° , estava no sentido de SBAR/SBMO e à esquerda da rota prevista.

A vegetação existente em torno do local onde ocorreu o impacto da aeronave com o solo apresentou indícios que a trajetória de queda, possivelmente, ocorreu a baixa velocidade e grande ângulo (Figura 18).



Figura 18 - Aspecto dos danos à vegetação existente em torno dos destroços.

Os destroços da aeronave ficaram parcialmente submersos no manguezal (Figura 19).



Figura 19 - Destroços da aeronave parcialmente submersos.

A asa esquerda foi encontrada conectada à fuselagem central da aeronave e com o flape recolhido (Figura 20).



Figura 20 - Asa esquerda no local do acidente.

Não houve registro de acionamento do ELT.

1.13. Informações médicas, ergonômicas e psicológicas.

1.13.1. Aspectos médicos.

A última Inspeção de Saúde (INSPSAU) do piloto foi realizada em clínica médica credenciada pela ANAC, sendo considerado apto, com observação para uso de lentes corretoras.

Foi encaminhado expediente ao Instituto de Análises e Pesquisas Forenses Luiz Bispo, em Aracaju, solicitando laudo cadavérico e exame toxicológico do comandante da aeronave.

O exame não detectou substância de interesse no material toxicológico analisado.

Não foram verificadas evidências de fatores anteriores ao voo que pudessem influenciar no aspecto biofísico do equilíbrio necessário para a atividade aérea.

1.13.2. Informações ergonômicas.

Nada a relatar.

1.13.3. Aspectos Psicológicos.

O piloto envolvido no acidente, que ocupava o assento dianteiro esquerdo, era Policial Militar de Alagoas e, segundo as informações levantadas, mostrava dedicação e persistência na busca dos seus objetivos pessoais e profissionais.

Realizou o curso de Piloto Privado - Avião (PPR) no Aeroclube de Alagoas (ACA). Exercia a função de Diretor Técnico dessa instituição, de acordo com documentação apresentada pelo próprio ACA.

De comportamento polido e educado, era tido pelos amigos do ACA como um piloto estudioso. Nas suas relações interpessoais, era considerado uma pessoa de relacionamento fácil e amistoso.

Conforme informações obtidas, o piloto costumava contar com a ajuda dos amigos do meio aeronáutico para conseguir realizar os voos, visando atingir as marcas (hora de voo) previstas para obter a licença de Piloto Comercial - Avião (PCM), uma vez que já havia realizado o curso teórico.

O passageiro que ocupava o assento dianteiro direito era amigo pessoal do piloto, mantinham uma relação próxima, considerada, segundo dados obtidos, muito amistosa, envolvendo inclusive os seus respectivos pais.

Esse passageiro também era piloto formado pelo ACA, porém não desempenhava função a bordo da aeronave, mas tinha familiaridade com a sua operação. Encontrava-se, na época da ocorrência, com suas habilitações (MNTE, MLTE e de Voo por Instrumentos - Avião) válidas.

Embora ele atuasse como piloto em Santa Catarina, SC, exercia a função de Diretor de Segurança de Voo do ACA, conforme documentação do referido aeroclube. Na data da ocorrência, estava de folga do trabalho em SC.

Foi esse passageiro quem escalou o piloto para a realização do voo que resultou neste acidente, com o objetivo de permitir o cômputo de horas de voo, visando à realização do curso prático de Piloto Comercial (PC) pelo amigo.

De acordo com informações obtidas, o passageiro em tela, já havia realizado alguns voos, exercendo a função de piloto, para artistas da região utilizando aeronaves do ACA. Era um tipo de atividade pela qual demonstrava interesse.

Para a realização desses voos, valia-se dos dispositivos estabelecidos no regimento interno do ACA, os quais estabeleciam critérios para autorização e uso particular das aeronaves, tais como a responsabilização pela aeronave, definição do destino e custos decorrentes do voo.

Em consonância com pessoas próximas ao passageiro ocupante do assento dianteiro direito, as tratativas com o ACA e com o segundo passageiro, que se encontrava na aeronave no momento do acidente, foram realizadas antecipadamente, ocasião em que foram acertados detalhes relativos ao destino, hora de decolagem e hospedagem. Vale ressaltar que o segundo passageiro teria compromissos familiares no mesmo dia do voo do acidente.

1.14. Informações acerca de fogo.

Não houve fogo.

1.15. Informações acerca de sobrevivência e/ou de abandono da aeronave.

Não houve sobreviventes.

1.16. Exames, testes e pesquisas.

Em 17 JUN 2019, nas dependências do Aeroclube de Sergipe, município de Aracaju, estiveram presentes os técnicos do SIPAER, bem como os representantes do Aeroclube de Alagoas, operador da aeronave, com o objetivo de proceder à análise dos destroços (motor e estrutura) do PT-KLO, cujos trabalhos apresentaram os seguintes resultados:

- Grupo Motopropulsor

Não foram observadas no motor *Lycoming* O-360-A4A, NS L19060-36A, evidências que pudessem ser associadas a um funcionamento inadequado e, por conseguinte, à contribuição desse sistema para o acidente. Os danos observados puderam ser associados ao impacto da aeronave contra o terreno e à exposição ao ambiente de água salgada do manguezal.

- Estrutura

Constatou-se que várias partes da aeronave se separaram ainda em voo, tendo sido encontradas no manguezal, em uma disposição predominantemente linear.

Os destroços da parte dianteira indicaram que, no momento do impacto, a aeronave foi submetida a um esforço de torção no sentido horário (Figura 21).



Figura 21 - Parte dianteira da aeronave.

Foi realizada a reconstituição dos destroços com o objetivo de orientar o desenvolvimento de um cenário para explicar a sequência de separação das partes e deformações (Figuras 22, 23, 24, 25).



Figura 22 - Vista frontal da reconstituição dos destroços.

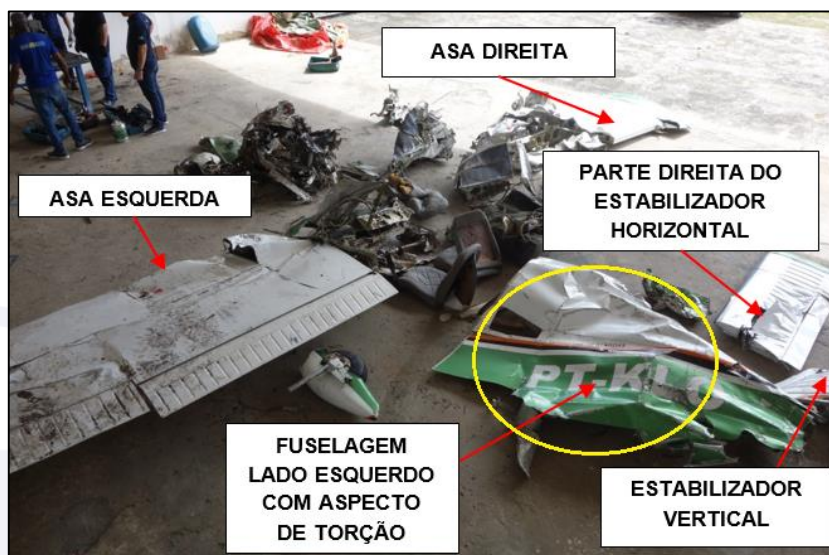


Figura 23 - Vista lateral, com destaque da torção da região da cauda.



Figura 24 - Painel da asa direita que se desprendeu em voo.

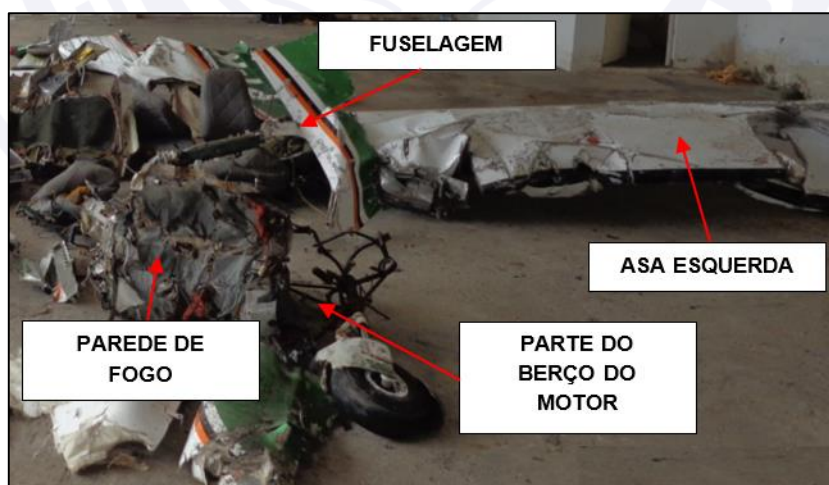


Figura 25 - Destaque para as partes interligadas.

O *Piper Cherokee Service Manual* - Seção IV - *Structures* preconizava que as asas da aeronave eram constituídas por painéis, sendo sua construção em estrutura semimonocoque, totalmente metálica, em cantilever, com uma ponta de asa removível.

Instalado em cada asa, à frente da longarina principal, havia um tanque de combustível de metal. Em cada asa eram anexados uma perna do trem de pouso, um aileron e um flape (Figura 26).

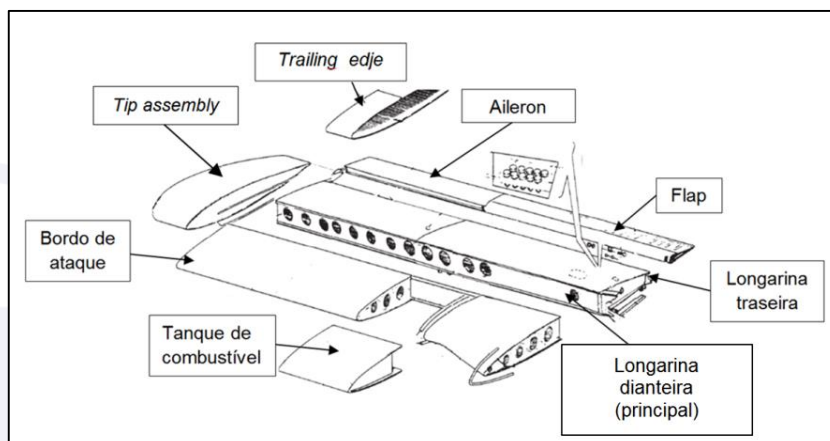


Figura 26 - Wing Installation
Fonte: (Piper Parts Catalog - Pag 1-3)

As asas eram fixadas a cada lado da fuselagem por meio das extremidades das hastes da longarina principal.

Durante a análise dos destroços, por meio da reconstituição realizada, observou-se que houve o colapso da *wing outboard*, que se apresentava com uma linha de dobra da asa em diagonal, entre a *rib wing nose right* (PN 62049-001) e a *rib wing nose right - STA 57* – (PN 62022-003), na área do tanque de combustível (Figura 27).

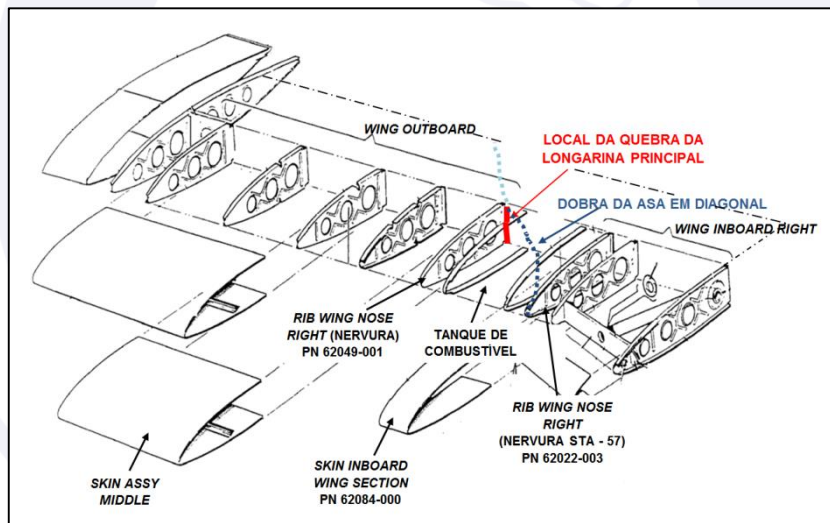


Figura 27 - Diagrama do bordo de ataque da asa.
Fonte: (Piper Parts Catalog - pag 1-9)

Os exames permitiram observar uma linha na asa direita provocada pela dobra, para cima e para trás, junto à região onde houve a quebra da longarina principal (Figura 28).



Figura 28 - Aspecto da marca da dobra da asa direita.

O dano existente no bordo de ataque da asa direita (*Skin Assy Middle*) tem relação com o possível impacto entre este componente e o estabilizador vertical (Figura 29).



Figura 29 - Marca de impacto no bordo de ataque da asa direita, possivelmente com o estabilizador vertical.

A longarina principal da asa direita apresentava deformação plástica devido a um excesso de esforço por flexão na parte inferior, indicando sobrecarga no sentido “debaixo para cima” (Figura 30).

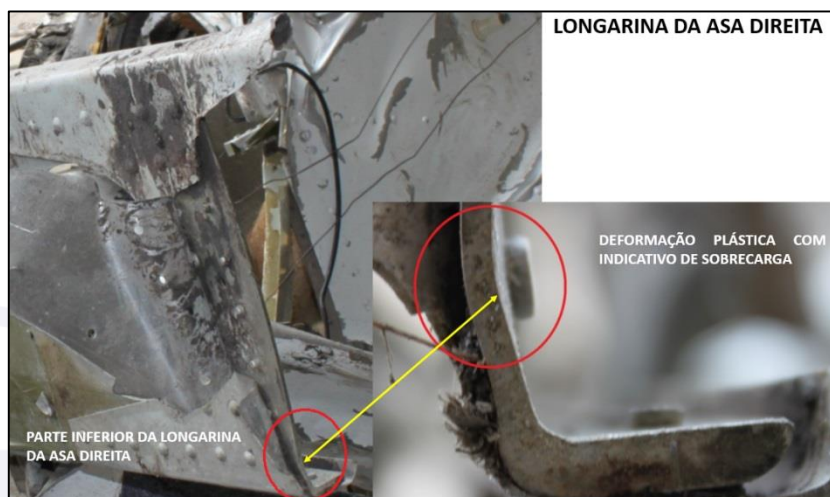


Figura 30 - Ruptura da longarina da asa direita com indicativo de sobrecarga.

Não foram observados indícios de fadiga no perfil da longarina.

O estabilizador vertical e o leme de direção apresentavam sinais de impacto, possivelmente com a parte da asa direita que se desprende (Figura 31).



Figura 31 - Aspecto dos danos e deformações no estabilizador vertical.

Concomitante ao impacto entre o painel da asa direita com e o estabilizador vertical, a brusca separação da asa direita resultou em um rápido “giro” da fuselagem, causando torção na sua seção da cauda e o colapso da longarina do estabilizador horizontal que, por sua vez, separou-se em duas partes.

O estabilizador vertical também foi encontrado afastado do núcleo dos destroços.

Os dois lados do estabilizador horizontal foram encontrados afastados entre si e do núcleo dos destroços (seção central da aeronave com a asa esquerda e o motor). Foram observadas deformações por sobrecarga e quebra da longarina (Figura 32).



Figura 32 - Parte superior do lado direito do estabilizador horizontal, evidenciando o ponto da quebra da sua longarina, por sobrecarga.

O tanque de combustível direito soltou-se do painel da asa após colidir contra o bordo de ataque da asa esquerda, sendo encontrado em local afastado da seção central da aeronave. Apresentava danos por compressão. No destaque, observa-se o amoldamento do revestimento externo, provavelmente, em decorrência do seu impacto contra o bordo de ataque da asa direita. (Figura 33).



Figura 33 - Reconstituição do tanque direito em relação à asa direita.

A asa esquerda permaneceu fixada à fuselagem, apresentando uma forte deformação próxima à ponta, possivelmente, resultado da colisão contra o painel da asa direita, além de outros danos pelo impacto contra o solo (Figura 34).



Figura 34 - Asa esquerda e os danos decorrentes dos impactos.

Em síntese, devido à sobrecarga imposta por esforço aerodinâmico, em velocidade elevada e movimento brusco a cabrar, a asa direita sofreu ruptura na longarina principal junto à nervura externa ao tanque de combustível direito (Figuras 33, 34 e 35).

O instantâneo desprendimento gerou um esforço de torção da cauda e o giro da asa esquerda para cima (rolamento), fazendo com que ambas as asas momentaneamente “se encontrassem” e colidissem. O esforço de torção na cauda resultou, também, na quebra da longarina do estabilizador horizontal e o seu respectivo desprendimento.

Em seguida, a parte da asa que se soltou em voo colidiu contra o estabilizador vertical, conforme apresentado nas figuras 34 e 37 que, por sua vez, quebrou-se no ponto de ligação com o cone de cauda.

- Testes na Bomba de Vácuo e Horizonte Artificial

Em 31JUL2019, nas dependências de uma oficina credenciada pela ANAC, com a presença de técnicos do SIPAER, o horizonte artificial e a bomba de vácuo que equipavam a aeronave foram submetidos a testes.

O horizonte artificial se encontrava com alto grau de corrosão devido à imersão em água. Seu visor se encontrava quebrado e as partes internas estavam empenadas, como o garfo do eixo de *pitch*.

Após a limpeza dos mancais, foram efetuados testes do rotor e dos rolamentos do eixo de *roll*, sendo constatado que, provavelmente, estes se encontravam funcionando satisfatoriamente antes do acidente.

A bomba de vácuo também apresentava emperramento do eixo devido à maresia. Após ser desmontada, constatou-se que o seu eixo não estava quebrado e as palhetas estavam intactas, evidenciando que estaria operacional antes do acidente.

- Teste do Combustível

Foram obtidas três amostras de combustível do tipo AVGAS coletadas do Caminhão-Tanque Abastecedor (CTA) utilizado para o último reabastecimento da aeronave.

Os resultados obtidos nos ensaios físico-químicos das amostras de combustível, realizados pelo Instituto de Aeronáutica e Espaço (IAE), estavam de acordo com suas respectivas especificações e não apresentavam indícios de contaminação.

- Pesquisas

Com base nas pesquisas em publicações técnicas do Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos (CENIPA) e do *Manual of Aircraft Accident Investigation*, publicado pela Organização Internacional da Aviação Civil (ICAO), que versavam sobre separação estrutural de componentes de aeronaves em voo, foi possível inferir que:

- quando uma parte estrutural ou componente da aeronave se rompe, geralmente uma cadeia de eventos é iniciada, provocando danos a outros componentes em sequência;

- a aeronave está sujeita a dois tipos de situações que podem levar à sobrecarga aerodinâmica - aquela resultante de rajadas e turbulências; e a imposta pela execução de manobras, podendo também ocorrer as duas simultaneamente, geralmente quando voando em situações de turbulência severa;

- uma separação de asas em voo é resultado da incompatibilidade entre a carga aerodinâmica aplicada e a capacidade da estrutura de suportá-la. A aeronave PA-28 é certificada segundo o Regulamento Brasileiro da Aviação Civil (RBAC) 23 e sua estrutura pode ser submetida ao fator de carga máximo de 3,8 G em operação, com flapes recolhidos.

Para que haja a ruptura de uma longarina, a carga aplicada deve ser superior à margem de segurança estipulada de 1,50 para a Carga Final, ou seja, $1,50 \times 3,8 = 5,7 \text{ G}$.

Na análise de uma separação estrutural em voo, deve-se levar em consideração as cargas de sustentação aplicadas às asas (branco) e estabilizador horizontal (vermelho) versus peso da aeronave (azul), sob condição de fator de carga "G" positivo, independentemente da atitude da aeronave (Figura 35).

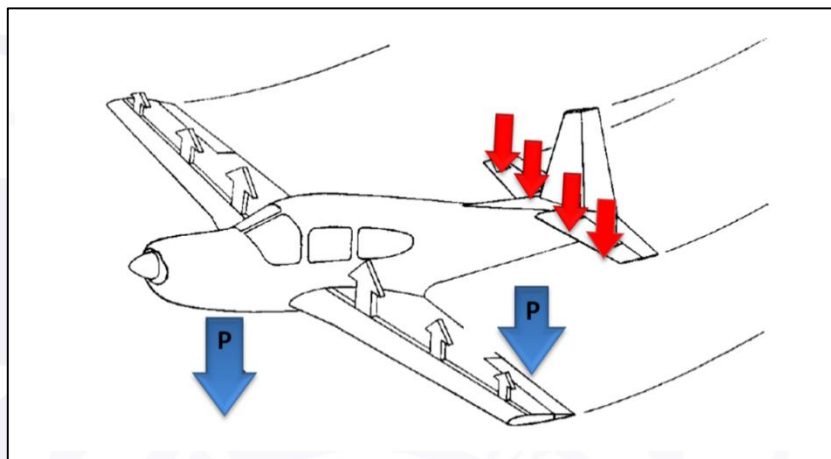


Figura 35 - Carregamento aerodinâmico da aeronave em sua configuração de voo.

As setas abaixo do avião, mostradas na Figura 35, na cor azul, representam o sentido da força peso exercida sobre a aeronave que, aliada ao momento do aerofólio, provoca uma tendência de arfagem negativa (picada), sendo compensada pela força de sustentação (para baixo) gerada pelo estabilizador horizontal, aplicada à cauda conforme o sentido das setas na cor vermelha.

Esta forma de carregamento aerodinâmico provê o equilíbrio entre as forças atuantes na aeronave, permitindo o estabelecimento da atitude de voo nivelado.

Sempre que a somatória das forças para baixo for igual ao das forças para cima, teremos o voo estabilizado e quando houver alguma diferença, teremos uma resultante no sentido das forças de maior valor.

As forças horizontais terão importância quando considerados os valores de tração e arrasto e as forças laterais, quando houver um movimento de derrapagem.

Se um piloto perder o controle em um voo por instrumentos, seja por desorientação espacial ou por falha de algum instrumento de voo, e a aeronave entrar em uma espiral descendente, dependendo da atitude de picada assumida, espera-se a tendência de que os destroços se apresentem mais concentrados e em pequeno espalhamento formato circular.

Com relação à carga aerodinâmica sobre a estrutura, toda aeronave possui limitações de velocidade.

As abreviaturas, a seguir, foram compiladas do glossário *Airplane Flying Handbook*, FAA-H-8083-3B, publicado pela *Federal Aviation Administration* (FAA):

- a Velocidade Nunca Exceder (V_{ne});
- a Velocidade Máxima Estrutural de Cruzeiro (V_{no}) não pode ser excedida, exceto em ar calmo e com extrema cautela;
- a Velocidade Máxima de Manobra (V_a) varia com o peso da aeronave (sendo menor com menor peso), o que permite manter o voo seguro em condições de

turbulência ou rajadas e que ainda se pode aplicar deflexão total ou abrupta dos comandos.

Adicionalmente, os manuais de operação advertiam quanto a necessidade de nunca exceder a V_a , quando em operação em ar turbulento.

De acordo com *Airplane Flight Manual, Model PA-28-180, Section 1, Limitations*, os seguintes limites de velocidade devem ser observados:

<i>Never exceed..(Vne)</i>	171mph
<i>Maximum structural cruise..(Vno)</i>	140mph
<i>Maneuvering..(Va)</i>	127mph
<i>Maximum Positive Load Factor Normal Category.</i>	3,8g
<i>Maximum Negative Load factor</i>	No inverted maneuvering approved

A título de ilustração, o diagrama da Figura 36, em que pese não pertencer ao PA-28, representa, adequadamente, as regiões do envelope de operação de uma aeronave que devem ser respeitadas para que o Fator de Carga (G) não seja ultrapassado e, assim, evitar uma falha estrutural (*Structural Failure*), área vermelha.

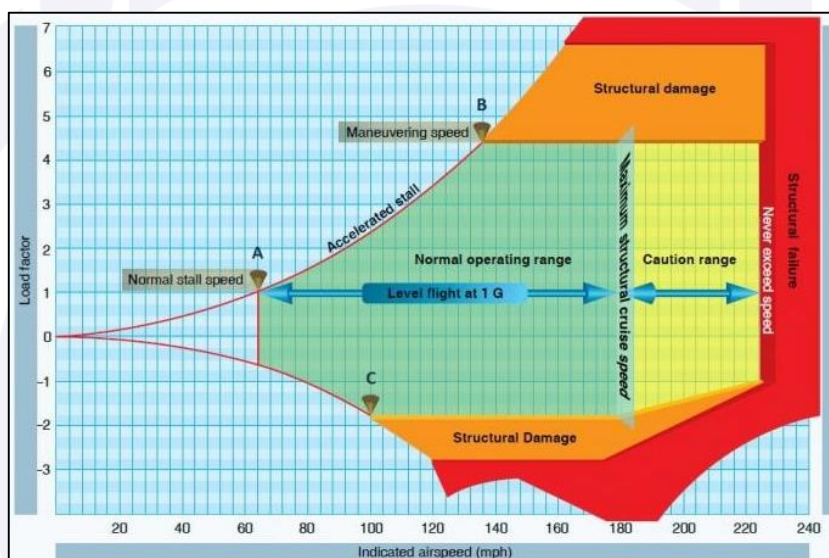


Figura 36 - Exemplo genérico de Diagrama VG (Velocidade x Fator de Carga)

Fonte: http://www.aerospacengineering.net/wp-content/uploads/diagramma_manovra.jpg

Ainda de acordo com o Capítulo 7, *Operating Instructions, Rough Air Operation* (Operação em Ar Turbulento), as boas práticas de operação recomendam que se forem encontradas ou esperadas condições de turbulência, a velocidade seja reduzida para a velocidade de manobra (V_a), a fim de diminuir as cargas estruturais causadas pelas rajadas e deixar uma margem para aumentos inesperados de velocidade, passíveis de ocorrer por efeito de turbulência ou de distrações causadas pelas condições.

Dessa maneira, quando uma pressão for aplicada no profundor, em um mergulho sob regime de velocidade superior à V_{ne} , a força G irá crescer a um valor superior ao da estrutura da asa e esta irá se romper por flexão para cima (Figura 37).

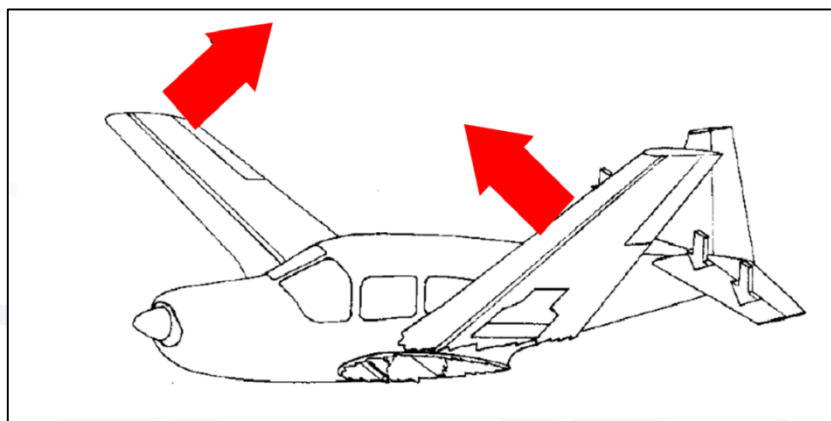


Figura 37 - Movimento relativo da aeronave após a separação da asa.

Um painel de asa, ao separar-se devido à excessiva carga G positiva, superior à de projeto, provoca um brusco movimento de rolamento da aeronave para o seu lado, enquanto ele fará o mesmo para cima da fuselagem.

Isso poderá resultar na colisão das asas e, na sequência, com a deriva, o que é simplificada apresentada na Figura 38, visto que o grupo motopropulsor continuará momentaneamente tracionando a aeronave, enquanto que o painel de asa se desacelera rapidamente.

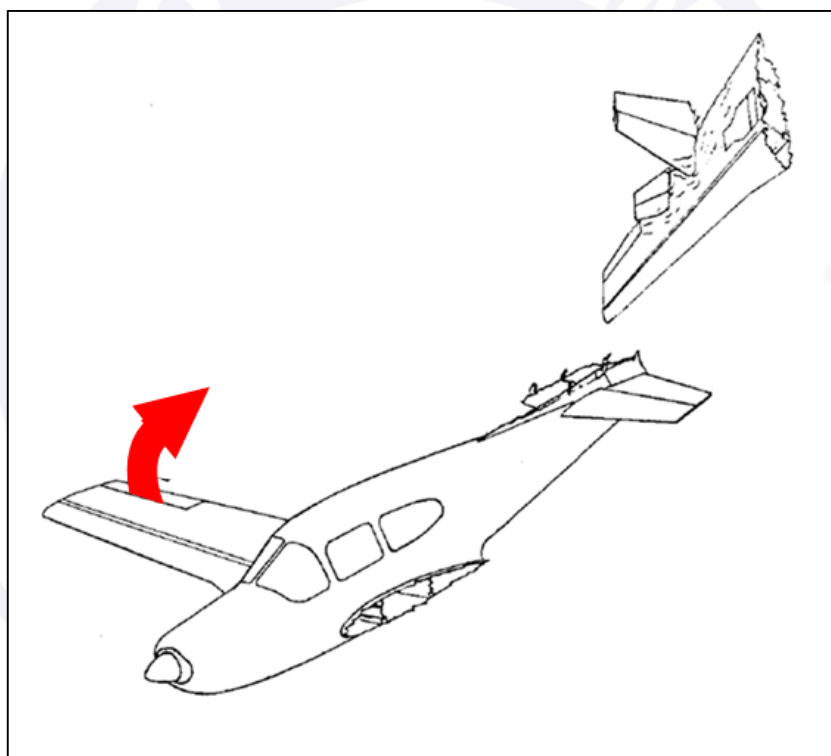


Figura 38 - Diagramação simplificada de dano à cauda, decorrente de uma separação da asa submetida à carga G superior à de projeto.

Adicionalmente, dependendo da razão de rolamento da fuselagem, o cone de cauda se deforma por torção e o estabilizador horizontal, em reação a esse movimento, se deforma por flexão para baixo, podendo ocorrer a quebra da longarina e separação de painéis;

Com isso, tem-se uma sobrecarga primária (asa), resultando em separação secundária (cauda). Para esse tipo de situação, deve ser considerada a contribuição de um dos seguintes fatores, de forma isolada ou de ambos simultaneamente: atuação a cabrar,

gerando excessiva carga G ao final de um mergulho com velocidade alta, ou atuação a cabrar com excessiva velocidade em ambiente de turbulência.

A seção central, após essa sequência de separações, sem qualquer efeito de sustentação precipitar-se-á em direção ao solo, caracterizando a perda de controle em voo.

1.17. Informações organizacionais e de gerenciamento.

O ACA era uma organização de Sociedade Civil, de Utilidade Pública Federal, que atuava como Pessoa Jurídica de Direito Privado. Fundado em 14OUT1939, tinha como principais objetivos o ensino e a prática da aviação civil.

Contando com uma frota de nove aeronaves, sua sede administrativa funcionava na área patrimonial do aeródromo SNGS.

A última renovação da homologação dos cursos teóricos de Piloto Privado - Avião, Piloto Comercial - Avião e Voo por Instrumentos (IFR), deu-se por intermédio da Portaria Nº 1.936/SPO, de 07JUN2017, da ANAC.

O ACA contava com SGSO aprovado e implementado.

O Estatuto Social do ACA, aprovado por meio da Assembleia de Aprovação do Estatuto, de 23MAIO2016, dentre outros aspectos estabelecia:

...

ART 2º - O Aeroclube de Alagoas, é uma sociedade civil, com patrimônio e administração próprios, com serviços locais e regionais, cujos objetivos principais são o ensino e a prática da aviação civil, de turismo, culturais e desportivas em todas as suas modalidades, podendo cumprir missões de emergência ou de notório interesse da coletividade, podendo executar atividades subsidiárias, descritas neste Estatuto ou em legislação complementar, para seus associados ou terceiros, sem prejuízos aos seus objetivos principais.

Parágrafo único: O Aeroclube de Alagoas tem utilidade pública federal reconhecida por força do § 2º do artigo 97 da Lei nº 9.575/86 (Código Brasileiro de Aeronáutica).

...

ART 7º - São direitos dos sócios em dia com as suas obrigações para com a entidade de acordo com as normas internas:

...

III. Serem nomeados para exercerem funções na Diretoria da entidade. Entretanto, para o cargo de:

a) Diretor Técnico, o associado ter a licença de Piloto Privado de Avião ou Helicóptero;

...

c) Diretor de Segurança de Voo, o associado ter a licença de Piloto Privado de Avião ou Helicóptero.

O Regimento Interno do Aeroclube de Alagoas que, por Assembleia Geral, foi aprovado em 09JUN2000, definia o seguinte:

...

Art. 14 – Voos de navegação de sócios

O ACA poderá autorizar voos de navegação dos associados somente quando houver disponibilidade de aeronave, sempre observando a prioridade dos voos de instrução e respeitando os seguintes critérios:

a. liberação da aeronave, voo e comando ratificados pelo chefe dos instrutores, diretor técnico ou ASV, mediante apresentação do plano de voo e após avaliação favorável da sua viabilidade;

b. responsabilidade integral pela aeronave e pelos passageiros a bordo – POB – atribuída ao sócio responsável, além das imputadas ao comandante, com início tão logo seja constatada que a normalidade das condições da aeronave está de acordo com o informado no seu Livro de Bordo, condição ratificada pela assinatura do mesmo; e,

c. restituição da aeronave, em idênticas condições, exclusivamente ao Aero clube de Alagoas, em sua sede. Isto não ocorrendo, independentemente do motivo, o custo do voo no traslado, transporte e/ou apoio, se houver, bem como despesas adicionais decorrentes, serão de responsabilidade do sócio responsável pela aeronave.

...

Art. 33 - Uso particular de aeronaves.

1. Sem privilégios de qualquer espécie, inclusive por cargos e funções, as aeronaves de propriedade sob a responsabilidade do ACA, para este fim destinadas, poderão ser usadas:

...

b. pelos seus sócios, e/ou vinculados com autorização para esta finalidade.

...

10. Serão de responsabilidade direta do comandante e/ou seus tripulantes e passageiros, as despesas com estacionamento, estadia, taxas de uso taxas aeroportuárias e similares.

Apesar das previsões sobre o uso da aeronave no Regimento do ACA, não foram encontrados processos formais estabelecidos no que se refere à liberação da aeronave para uso particular. Portanto, não foi apresentado documento que comprovasse a autorização desse voo em questão.

1.18. Informações operacionais.

No dia do acidente, a aeronave decolou de SBSV, às 13h58min (UTC), com destino a SNGS, para realizar um voo privado. Tinha como alternativa SBAR, com tempo total de voo estimado em 02 horas e 30 minutos.

Em 26MAIO2019, dia anterior à data do acidente, a aeronave decolou de SNGS, às 16h40min (UTC), com destino a SBSV, onde pousou às 19h22min (UTC).

Na data do acidente, a aeronave decolou da cabeceira 17 de SBSV, com curva à esquerda e manteve-se, inicialmente, no corredor visual Forte a 1.000 pés.

Inicialmente, o APP-SV autorizou a ascensão da aeronave para o FL 075. Em seguida, atendendo a uma solicitação da aeronave, autorizou a manutenção do FL 055.

A 4nm do limite da TMA-SV, posição Conde, houve o encerramento do serviço radar e a transferência de coordenação do voo do APP-SV ao APP-AR.

As comunicações entre os órgãos ATC de Salvador e de Aracaju indicaram que havia dificuldade de se estabelecer a comunicação rádio com o PT-KLO.

Após algumas tentativas, o PT-KLO informou que se encontrava a 40nm de SBAR, na radial 232 do VOR-AR.

O APP-AR solicitou então que o PT-KLO reportasse a 30nm de SBAR.

Instantes após, o PT-KLO reportou que realizava desvios, acrescentando que se encontrava no rumo oposto (sentido Aracaju/Salvador).

No entanto, a disposição dos destroços, de acordo com o croqui da Figura 17, indicou que a trajetória final da aeronave se deu no sentido Salvador/Aracaju, com uma orientação (proa magnética) próxima do rumo magnético (056°) da aerovia W33.

O comandante da aeronave havia concluído o curso teórico de PC/IFR em agosto de 2017 e ainda não havia sido submetido à avaliação da ANAC para iniciar o curso prático, não possuindo, portanto, a habilitação IFRA.

O ocupante do assento dianteiro direito tinha a licença de PCM e contava com uma experiência de, aproximadamente, 2.000 horas de voo, detendo as habilitações técnicas de MLTE e IFRA válidas. Não exercia função a bordo, uma vez que a tripulação mínima exigida para operação da aeronave era de um piloto.

Para efeito de planejamento de voo, o operador utilizava a velocidade de cruzeiro de 115mph (100kt) e o consumo de 35 litros por hora. O último abastecimento da aeronave ocorreu no dia anterior ao acidente, em SBSV, com 84 litros de AVGAS.

A aeronave não era certificada para o voo IFR.

De acordo com a documentação da aeronave, não havia registro de discrepâncias que pudessem comprometer a sua aeronavegabilidade.

Apesar de haver decolado com sobrepeso (1.103 kg), no instante da ocorrência a aeronave se encontrava dentro dos limites de peso e balanceamento especificados pelo fabricante.

1.19. Informações adicionais.

- Desorientação Espacial

A Desorientação Aeroespacial foi definida por Benson (1988):

“Desorientação espacial é um termo usado para descrever uma variedade de incidentes que ocorrem em voo, onde o piloto não consegue detectar corretamente a posição, movimento ou atitude de seu avião ou de si mesmo dentro do sistema de coordenadas fixo fornecido pela superfície da Terra e a gravidade. Além disso, os erros de percepção pelo piloto de sua posição, movimento ou atitude com respeito a sua aeronave, ou de sua própria aeronave em relação a outras aeronaves, pode também ser abraçado dentro de uma definição mais ampla de desorientação espacial em voo.”

O Ten Cel Av R/1 Sergio Koch, em artigo publicado no *blog* “Asas do Conhecimento” sobre “Desorientação Espacial” revelou que estudos de caso indicaram que como não é possível evitar as ilusões sensoriais, obter informações sobre o tema pode ajudar os pilotos a reconhecerem o início da desorientação e se prepararem para enfrentar tais ilusões.

Para tanto, foram descritos dois tipos de desorientação aos quais os pilotos podem ser submetidos:

“Na desorientação Tipo I, o piloto está distraído para o fato de que ele está desorientado e controla o avião completamente em resposta às falsas sensações de atitude e movimento dele ou dela.

Na desorientação Tipo II, o piloto imagina que algo está errado com o modo do avião estar voando, mas não imagina que a fonte do problema está na desorientação espacial.

Quando um piloto está extremamente ocupado manipulando os controles do *cockpit*, ansioso, mentalmente estressado ou fatigado, a sua proficiência em interpretar os instrumentos de voo acaba ficando bastante reduzida.

Quando um piloto está distraído nos cheques cruzados dos instrumentos durante fases de voo com tarefas intensas e em condições marginais meteorológicas ou de visibilidade, a habilidade do piloto para reconhecer e/ou impedir desorientação espacial é severamente diminuída.

Muitos acidentes e incidentes com desorientação espacial têm sido relatados durante a penetração da curva, aproximação final, subida após a decolagem, perfil de subida.

No Tipo II existe uma grande probabilidade de que o piloto, caso não perceba a tempo que está num processo de desorientação, venha a ser vítima da falsa sensação e acabe levando a aeronave para uma atitude de voo tão crítica que sua recuperação se torna irreversível.”

O artigo destacava ainda que:

“Todo piloto que voar em IMC, por mais experiência que tenha, vai sofrer em algum momento, ou em alguma intensidade, o problema de desorientação. Não é possível evitar a ilusão completamente. Tudo o que podemos fazer é evitar que ele nos cause problemas. Para evitar problemas de desorientação é importante se concentrar nos instrumentos, minimizar movimentos da cabeça e, se possível, voar em linha reta e nivelado por um minuto ou mais. Isto permitirá um “reset” dos mecanismos de equilíbrio, bem como uma estabilização do seu corpo e vai reforçar a sua fé nos instrumentos da aeronave.”

- Instrução IFR sob capota

A Instrução IFR sob capota era definida pelo *ANACpédia* (base de dados da ANAC que reunia termos e siglas característicos da produção textual na área da aviação), como instrução de voo por instrumentos, na qual as manobras eram executadas em condições visuais, sendo garantida a inexistência de referência externa para o aluno através do uso de viseira, óculos ou outros dispositivos apropriados.

Havia uma autorização da ANAC, por meio do Ofício nº068/2TO1/11.11.2005, para a aeronave PT-KLO realizar instrução IFR sob capota.

A IS 61-002 da ANAC, Revisão D, de 28 de julho de 2016, definia “aeronave IFR sob capota” como uma aeronave não certificada para voo IFR, porém autorizada para ser utilizada em instrução IFR sob capota.

- Voo VFR diurno

De acordo com o item 91.205 do RBHA 91, o horizonte artificial da aeronave não era requisito para a realização de voo VFR diurno.

- Resolução nº 293 da ANAC

Considerando-se a categoria de registro da aeronave acidentada Privada-Instrução (PRI), a Resolução nº 293 da ANAC, de 19NOV2013, que dispunha sobre o Registro Aeronáutico Brasileiro, definia o seguinte:

...

VII – Instrução (PRI): aeronaves empregadas na instrução, treinamento e adestramento de voo pelos aeroclubes, clubes ou escolas de aviação civil proprietárias da aeronave, podendo ser usadas, ainda, para prestar serviços à pessoal de outras organizações sob contrato aprovado pela ANAC e como aeronave administrativa da entidade sua proprietária.

...

- Espaço Aéreo ATS

Espaço aéreo de dimensões definidas, designado alfabeticamente de A até G, dentro do qual podem operar tipos específicos de voos e para os quais são estabelecidos os serviços de tráfego aéreo disponibilizados, bem como as regras de operação.

A ICA 100-37/2018, que dispunha sobre Serviços de Tráfego Aéreo, no item 3.4 Classificação dos Espaços Aéreos ATS definia que:

...

3.4.1 Os espaços aéreos ATS são classificados e designados alfabeticamente, de acordo com o seguinte:

...

Classe D - são permitidos voos IFR e VFR. É proporcionado a todos os voos o serviço de controle de tráfego aéreo. Os voos IFR são separados de outros voos IFR e recebem informação de tráfego em relação aos voos VFR e, ainda, aviso para evitar tráfego, quando solicitado pelo piloto. Os voos VFR recebem apenas informação de tráfego em relação a todos os outros voos e aviso para evitar tráfego, quando solicitado pelo piloto.

...

O espaço aéreo da TMA-AR era classificado como classe "D" (Figura 39).

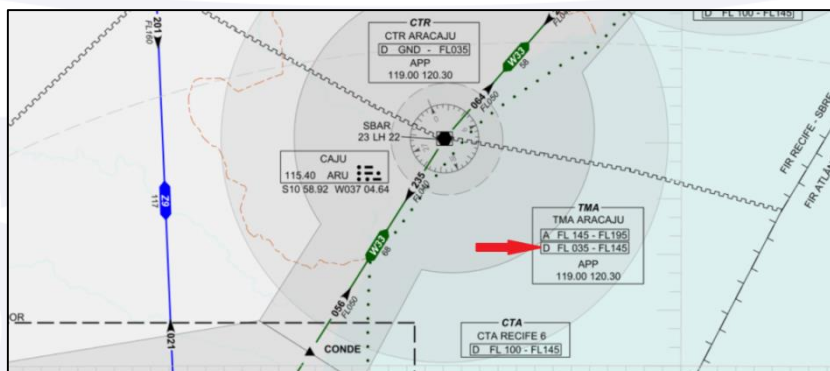


Figura 39 - Carta de rota (ENRC) L3 assinalando a classe "D" na TMA-AR.

- Instrução do Comando da Aeronáutica (ICA) 100-12/2016 - Regras do Ar

Sobre regras de Voo Visual, a ICA 100-12/2016 - Regras do Ar, dispunha o seguinte:

...

5 REGRAS DE VOO VISUAL

5.1 CRITÉRIOS GERAIS

5.1.1 Exceto quando operando como voo VFR especial, os voos VFR deverão ser conduzidos de forma que as aeronaves voem em condições de visibilidade e distância das nuvens iguais ou superiores àquelas especificadas no quadro da tabela 1.

5.1.2 Não obstante o estabelecido em 5.1.1 anterior, os voos VFR somente serão realizados quando simultânea e continuamente puderem cumprir as seguintes condições:

- a) manter referência com o solo ou água, de modo que as formações meteorológicas abaixo do nível de voo não obstruam mais da metade da área de visão do piloto;
- b) voar abaixo do FL 150; e
- c) voar com velocidade estabelecida no quadro da tabela 1.

...

5.1.5 Para a realização de voos VFR nos espaços aéreos Classes B, C e D, as aeronaves devem dispor de meios para estabelecer comunicações em radiotelefonia com o órgão ATC apropriado.

...

5.2 RESPONSABILIDADE DO PILOTO

Caberá ao piloto em comando de uma aeronave em voo VFR providenciar sua própria separação em relação a obstáculos e demais aeronaves por meio do uso da visão, exceto no espaço aéreo Classe B, em que a separação entre as aeronaves é de responsabilidade do ATC, devendo, no entanto, ser observado o disposto em 4.2.1.

A ICA 100-12/2016 - Regra do Ar estabelecia os mínimos de visibilidade e de distância de nuvens em Condições Meteorológicas de Voo Visual (VMC) (Figura 40).

Classe de Espaço Aéreo	B	C D E	FG	
			Acima de 900 m (3000 pés) AMSL ou acima de 300m (1000 pés) sobre o terreno o que for maior	A 900 m (3000 pés) AMSL abaixo ou 300m (1000 pés) acima do terreno, o que for maior
Distância das Nuvens	Livre de Nuvens	1500m horizontalmente 300m (1000 pés) verticalmente	1500m horizontalmente 300m verticalmente	Livre de nuvens e avistando o solo
Visibilidade	8km se voando no ou acima do FL100	8km se voando no ou acima do FL100	8km se voando no ou acima do FL100	5 km
	5km se voando abaixo do FL100	5km se voando abaixo do FL100	5km se voando abaixo do FL100	
Limite de Velocidade	380kt	250kt IAS se voando abaixo do FL100		
		380 kt IAS se voando acima do FL100		

Figura 40 - Mínimos de visibilidade e de distância de nuvens VMC.

- Resolução da ANAC nº514/2019

A Resolução da ANAC nº514/2019, de 25ABR2019, aprovou o RBAC 141 - “Certificação e requisitos operacionais: Centros de Instrução de Aviação Civil”, em substituição aos Regulamentos Brasileiros de Homologação Aeronáutica - RBHA 140 e 141.

O RBAC 141.13 - Tipo de CIAC, estabelecia que:

...

(3) CIAC Tipo 3, que desenvolverá instrução em ambas as modalidades previstas para os CIAC Tipo 1 e 2.

...

- RBAC 141.27 - Sistema de Gerenciamento da Segurança Operacional (SGSO)

O RBAC 141.27 estabelecia que:

(a) O CIAC tipo 2 ou 3 deve estabelecer, implementar e manter um SGSO, aceitável para a ANAC, que garanta as condições de segurança da instrução e o cumprimento dos requisitos estabelecidos neste Regulamento. O SGSO requerido pela ANAC deve:

...

(5) aplicar ações corretivas e preventivas desenvolvidas a partir dos riscos operacionais avaliados, bem como avaliar a efetividade dessas ações;

(6) executar supervisão permanente das atividades da organização, de modo a garantir a segurança operacional requerida;

...

- RBAC nº 119 - Certificação: Operadores de Transporte Aéreo Público

O RBAC nº 119 estabelecia:

normas para certificação de pessoas jurídicas de direito privado para condução de operações de transporte aéreo público de passageiros, cargas ou mala postal, regular ou não regular, doméstico ou internacional.

(1). As operações aéreas a serem certificadas estarão adstritas ao cumprimento dos requisitos estabelecidos no RBAC nº 121 ou RBAC nº 135, conforme definido neste regulamento.

Na época da ocorrência foi amplamente divulgado um vídeo no qual o passageiro, que era cantor, dava a entender que tinha arcado com os “custos” do voo. Tal gravação foi sobejamente explorada, interpretando-se a alegação como uma evidência de possível transporte aéreo irregular.

Nesse sentido, a ANAC abriu um processo administrativo para apurar possíveis irregularidades em relação à operação da aeronave acidentada.

Em 15MAIO2020, a ANAC emitiu uma nota informando que:

“... Conforme o resultado do processo administrativo para constatar o Transporte Aéreo Clandestino (TACA) e outras irregularidades, foram emitidos cinco autos de infração ao aeroclube, que estão em processo de julgamento. A Agência também emitiu ofício à Polícia Federal de Alagoas informando o resultado das apurações feitas pela ANAC...”

Lei nº 12.970, de 08MAIO2014

Art. 86-A. A investigação de acidentes e incidentes aeronáuticos tem por objetivo único a prevenção de outros acidentes e incidentes por meio da identificação dos fatores que tenham contribuído, direta ou indiretamente, para a ocorrência e da emissão de recomendações de segurança operacional.

1.20. Utilização ou efetivação de outras técnicas de investigação.

Não houve.

2. ANÁLISE.

Tratava-se de um voo privado de transporte de passageiros entre SBSV e SNGS.

Na época da ocorrência foi amplamente divulgado um vídeo no qual o passageiro, que era cantor, dava a entender que tinha arcado com os “custos” do voo. Tal gravação foi sobejamente explorada, interpretando-se a alegação como uma evidência de possível transporte aéreo irregular.

Assim, acaso tenha ocorrido uma possível violação às normas e regulamentos da aviação civil, especificamente sobre o transporte aéreo remunerado de passageiros, tal averiguação estaria afeta e abrangida nas competências e atribuições do poder de fiscalização da ANAC, o qual desencadeou os respectivos desdobramentos administrativos, conforme nota oficial divulgada pela Agência.

Considerando os limites normativos, atribuições, objetivos e finalidades específicas do SIPAER e, tendo em vista que essa eventual possibilidade, por si só, não foi uma condição associada para a ocorrência, carecendo, portanto, denexo de causalidade, a análise realizada no presente Relatório Final buscou identificar os fatores que tenham contribuído para esta ocorrência, a fim de se emitirem as recomendações de segurança pertinentes.

O piloto possuía a licença PPR e estava com a habilitação MNTE válida. Não possuía a habilitação IFRA. Nesse sentido, o piloto estava qualificado para realizar o voo em rota em condições estritamente visuais.

O ocupante do assento dianteiro direito não exercia função a bordo, apesar de possuir a licença de PCM, estar com a habilitação IFR válida e contar com mais experiência de voo que o comandante da aeronave.

A aeronave não era certificada para realizar voos em condições IFR.

Pressupõe-se que, antes da decolagem, o comandante da aeronave tenha tomado conhecimento das condições meteorológicas presentes nos aeródromos de destino e de alternativa por meio de aplicativos em seu *smartphone*.

As condições meteorológicas observadas, entre 14h00min (UTC) e 16h00min (UTC), indicaram a presença de camada de nuvens baixas em grande parte da rota a ser percorrida pela aeronave, com destaque para o trecho entre SBSV e SBAR.

Pode-se afirmar que, no momento da ocorrência, o voo transcorria sob condições meteorológicas adversas, constituindo-se em fator limitante para o voo visual, no FL 055.

Tal fato pôde ser também confirmado pela troca de mensagens mantidas entre o PT-KLO e o APP-AR.

O voo envolvendo uma aeronave não certificada para voo IMC, em uma rota caracterizada pela presença de nuvens baixas e com precipitações de intensidade moderada a forte, associadas à nuvem TCU, revelou que houve inadequação nos trabalhos de preparação realizados pelo piloto para aquele tipo de operação, mormente nos aspectos relacionados às condições meteorológicas da rota.

O FPL, inicialmente, previa o FL075 em condições VFR. Durante o voo, atendendo à solicitação do piloto, ainda na TMA-SV, foi autorizada a manutenção do FL 055. Cerca de uma hora e vinte minutos após a decolagem, após o piloto reportar desvios, houve a perda do contato rádio da aeronave com o APP-AR.

Posteriormente, os destroços do avião foram localizados em uma área de manguezal, aproximadamente a 30nm ao sudoeste de SBAR, no povoado de Porto do Mato, município de Estância.

Na região em que ocorreu o acidente, houve precipitações de intensidade moderada a forte, que atingiram a faixa litorânea quando se deslocavam do mar em direção ao continente, sendo associadas à nuvens TCU, com base variando de 2.000ft a 2.300ft, compatíveis com restrição de visibilidade e presença de instabilidade atmosférica.

O horizonte artificial da aeronave não era requisito para a realização do voo VFR diurno. Mesmo assim, foram realizados testes naquele equipamento, os quais não apontaram a existência de discrepâncias a ponto de inviabilizar a sua utilização em uma situação extrema, como a entrada inadvertida da aeronave em condições IFR. No entanto, tal prática, caso efetivada não se revelaria desejável, pois o piloto não possuía conhecimento e experiência prévia para assim proceder.

O último diálogo estabelecido com os órgãos de controle de tráfego aéreo, nos instantes que antecederam ao acidente, indicou que o piloto havia realizado desvios e a aeronave se encontrava na direção oposta à prevista, no sentido Aracaju/Salvador.

Observadores, que se encontravam em Porto do Mato, conseguiram registrar partes da aeronave desprendidas em trajetória descendente.

A aeronave foi avistada surgindo das nuvens (base 2.000 a 2.300ft), com a asa direita quebrada, em uma trajetória descendente, aparentemente, segundo observadores no solo, em voo reto, seguindo-se da soltura de outras partes. Na sequência, iniciou um giro no sentido horário que se manteve até colidir contra o solo.

A partir do exame e reconstituição das partes da aeronave, pôde-se construir um cenário da sequência de separações e os seus motivos. A análise dos destroços se inicia com a estimativa do ângulo de queda até o solo, a partir do instante em que a separação estrutural em voo se consumou.

A partir da informação de altitude do voo e da distância das partes desprendidas, obteve-se o ângulo estimado da trajetória de queda (Figura 41).



Figura 41 - Ângulo estimado da trajetória de queda do PT-KLO.

A disposição dos destroços no terreno, espalhados linearmente na direção do voo, sentido Salvador/Aracaju, além de demonstrar que houve desprendimento de partes da aeronave ainda em voo, após a realização de uma segunda conversão de 180°, descarta a possibilidade da aeronave ter descrito uma trajetória conhecida como espiral descendente, quando se esperaria que os seus destroços se apresentassem mais concentrados e em disposição circular.

Com isso, é mais provável que a separação estrutural tenha ocorrido em decorrência de sobrecarga imposta à estrutura devido a um movimento brusco de comandos, em velocidade alta e turbulência, associada ou não à desorientação espacial.

A asa direita apresentava indícios de ter sofrido ruptura na seção central, separando-se da aeronave, após a sobrecarga por flexão para cima na longarina principal. Análises nessa longarina não constatarem indícios de fadiga no seu perfil. Com a ruptura da longarina principal da asa direita, houve o colapso da *skin outboard* em diagonal, entre a *rib wing nose right* (PN 62049-001) e a *rib wing nose right* - STA 57 – (PN 62022-003), na área do tanque de combustível, conforme figura 27.

O cenário do acidente foi construído com a sequência mais provável dos eventos que resultaram na falha estrutural e perda de controle em voo (Figuras 42 a 45).

O elevado momento fletor gerou sobrecarga na estrutura da asa. A assimetria da sobrecarga pode ter sido consequência da atitude da aeronave ao ser submetida à carga de rajada descendente (Figura 42).

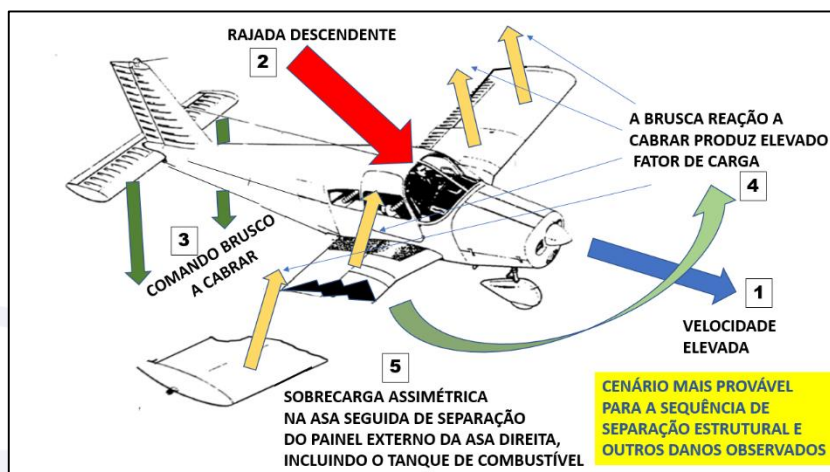


Figura 42 - Sequência de 1 a 5, representando a quebra da asa direita.

Após se desprender, o painel de asa deslocou-se para cima, com o tanque de combustível ainda conectado a ele, chocou-se contra o bordo de ataque da asa esquerda, concomitante ao rolamento brusco da aeronave em seu eixo, causando torção do cone de cauda e sobrecarga no estabilizador horizontal (estabiprofundor), devido à sua reação estabilizadora (Figura 43).

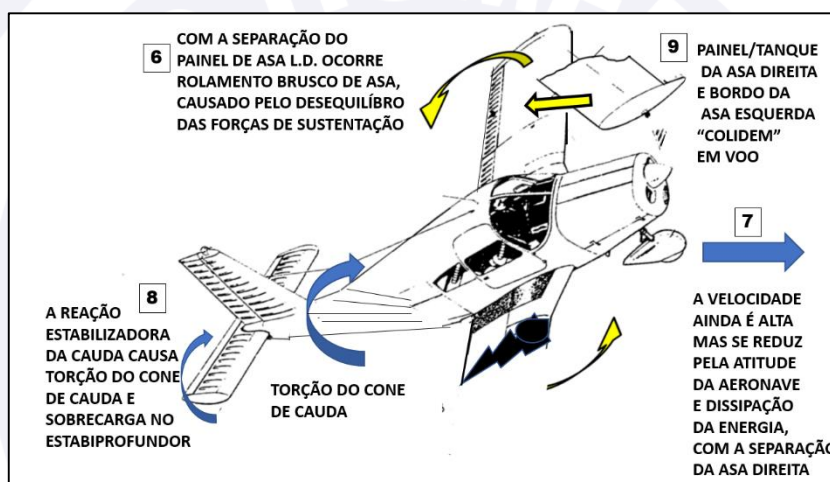


Figura 43 - Sequência de 6 a 9, indicando a dinâmica da primeira colisão (painel da asa direita com a asa esquerda).

Com a aeronave girando em seu eixo, o painel de asa direita tem uma segunda colisão, desta vez com o estabilizador vertical, causando seu arrancamento. Antes disso, o tanque de combustível, já deformado, separa-se da asa. Concomitante ao giro da aeronave, o estabiprofundor entra em colapso por sobrecarga e se desprende (Figura 44).

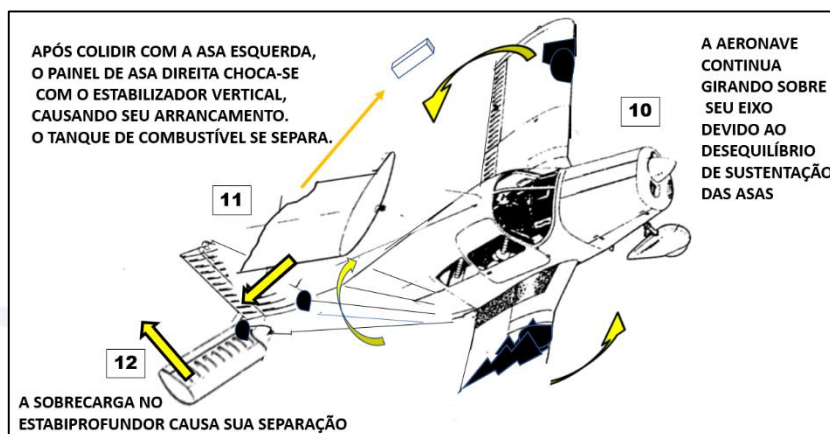


Figura 44 - Sequência de 10 a 12, indicando a dinâmica da segunda colisão (painel da asa direita com o estabilizador vertical).

O rolamento brusco da aeronave provocou torção da fuselagem traseira e ruptura por sobrecarga na longarina do estabiprofundor. Com isso, houve a soltura em voo dessas estruturas. Descontrolada, a aeronave desce girando em direção ao solo, com as partes separadas projetando-se em queda livre (Figura 45).

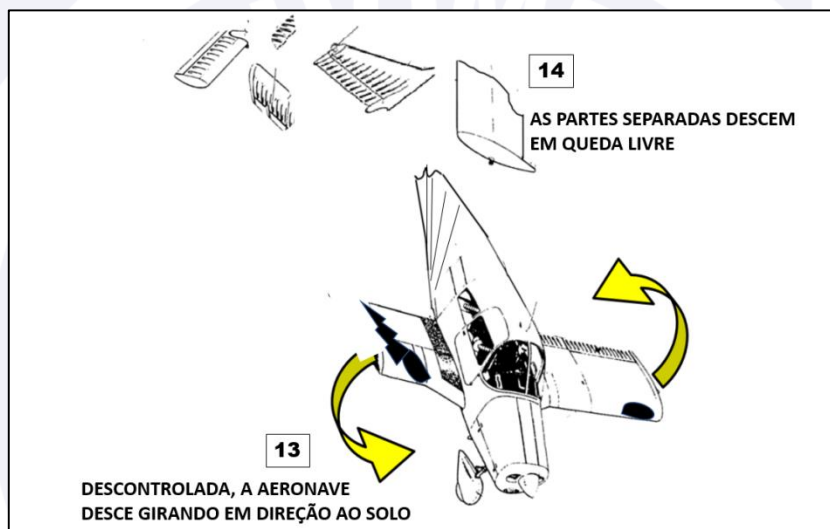


Figura 45 - Sequência de 13 a 14, indicando a dinâmica da trajetória final do PT-KLO.

Diante dos fatos apresentados, pode-se afirmar que a aeronave atravessou uma região sob a influência de turbulência e de precipitações de intensidade moderada a forte que, associadas a nuvens TCU, restringiram a visibilidade e provocaram instabilidade. Em dado momento, a aeronave teria se desestabilizado pela ação de correntes de ar ascendentes e descendentes.

O piloto, ao buscar uma saída, possivelmente, permitiu que a Velocidade de Manobra (V_a), 127mph, fosse ultrapassada. Nesta condição, na tentativa de manter o controle da aeronave, o piloto pode ter reagido com deflexões bruscas nos comandos, o que teria provocado um elevado momento fletor nas asas em razão da ultrapassagem das margens para o fator de carga positivo.

A incompatibilidade entre a carga aerodinâmica aplicada (carga "G") e a capacidade estrutural da aeronave de suportar tais cargas teria resultado na ruptura de suas partes por sobrecarga.

De acordo com o Capítulo 7, *Operating Instructions, Rough Air Operation* (Operação em Ar Turbulento), as boas práticas de operação recomendam que se forem encontradas ou esperadas condições de turbulência, a velocidade seja reduzida para V_a , a fim de

diminuir as cargas estruturais causadas pelas rajadas e deixar uma margem para aumentos inesperados de velocidade, passíveis de ocorrer por efeito de turbulência ou de distrações causadas pelas condições desfavoráveis.

Dessa forma, depreende-se que a falha estrutural experimentada pelo PT-KLO, ainda em voo, foi, possivelmente, induzida pelo piloto, em razão da falta de experiência de voo em condições meteorológicas adversas, associada à ultrapassagem dos limites estruturais do avião.

Nesse cenário, as correções de atitude, possivelmente bruscas, que impuseram a ultrapassagem da V_a e dos limites do fator de carga positivo (carga "G") podem estar relacionadas, também, aos efeitos de uma Desorientação Espacial sofrida pelo piloto. Efeitos esses agravados em um piloto sem experiência ou treinamento no voo IMC e sem a habilidade necessária para reconhecer uma possível ilusão.

Ao ingressar em área com instabilidade atmosférica e formações meteorológicas, o piloto deixou de observar a ICA 100-12/2016, Regras do Ar, que estabelecia os mínimos de visibilidade e de distância de nuvens em Condições Meteorológicas de Voo Visual (VMC).

Assim sendo, o voo IMC, conduzido por um piloto inexperiente e sem habilitação, em condições meteorológicas adversas, em uma região de turbulência, pode ter levado o piloto a empregar os comandos de forma brusca, impondo sobrecarga à estrutura da aeronave em condição de velocidade superior à V_a , conectado ou não a possível desorientação espacial. Tal condição levou à separação estrutural da aeronave, colisão entre as partes e consequente perda de controle.

A conhecida relação de amizade entre o piloto em comando e o passageiro, que ocupava o assento dianteiro direito, aliado ao transporte de um segundo passageiro, artista reconhecido nacionalmente, que possuía compromissos familiares em Maceió, pode ter exercido influência sobre a decisão de prosseguir o voo para o destino pretendido, apesar das condições meteorológicas encontradas.

Desse modo, a atenção do piloto pode ter se fixado em contornar as desfavoráveis condições meteorológicas, sob as quais não estava habilitado a operar, sem se atentar para os limites de velocidade da aeronave e desconsiderando outras opções viáveis e até mais seguras para a situação vivenciada.

Isso também remeteu a uma possível redução do nível de consciência situacional do piloto, uma vez que, provavelmente, não considerou os fatores envolvidos que afetariam a operação em condições adversas, propícias, inclusive, à ocorrência de uma desorientação espacial.

Sob esses aspectos, observou-se que as barreiras que poderiam evitar o acidente foram sucessivamente ultrapassadas, pois não houve uma avaliação adequada das consequências advindas das más condições meteorológicas presentes na rota, principalmente, por se tratar de voo VFR em uma aeronave não certificada para o voo IFR.

Assim, não foram considerados, prioritariamente, os aspectos relativos à segurança de voo para a tomada de decisão visando interromper o voo até o destino programado, em face das condições indesejáveis na rota planejada.

Vale ressaltar que o Aeroclube de Alagoas tinha previsão, em Regimento Interno, sobre o uso particular das aeronaves por seus sócios e vinculados, inclusive com pousos fora de sede, entretanto o ACA não tinha estabelecido procedimentos formais para registrar as autorizações dos voos.

3. CONCLUSÕES.

3.1. Fatos.

- a) o piloto estava com o Certificado Médico Aeronáutico (CMA) válido;
- b) o piloto estava com a habilitação de Avião Monomotor Terrestre (MNTE) válida;
- c) o piloto estava qualificado e possuía experiência no voo VFR diurno;
- d) o piloto não possuía a habilitação de Voo por Instrumentos - Avião (IFRA)
- e) a aeronave estava com o Certificado de Aeronavegabilidade (CA) válido;
- f) no momento da ocorrência, a aeronave estava dentro dos limites de peso e balanceamento;
- g) as escriturações das cadernetas de célula, motor e hélice estavam atualizadas;
- h) Plano de Voo Apresentado (FPL) previa ascensão da aeronave para o FL 075, sob as Regras de Voo Visual;
- i) durante a subida, a aeronave contou com o serviço radar, sendo autorizada pelo APP-SV a manter o FL 055;
- j) a aeronave não era certificada para o voo IFR;
- k) o passageiro que ocupava o assento dianteiro direito possuía a licença de PCM e tinha as habilitações técnicas de MLTE e IFRA válidas;
- l) na região em que ocorreu o acidente, houve precipitações de intensidade moderada a forte, sendo associadas à nuvem TCU, compatíveis com restrição de visibilidade e presença de instabilidade atmosférica;
- m) as condições meteorológicas não eram propícias à realização do voo visual em rota;
- n) houve desprendimento de partes da aeronave ainda em voo, resultando em perda de controle em voo;
- o) a asa direita sofreu ruptura na longarina principal junto à nervura externa ao tanque de combustível direito, devido à sobrecarga imposta por esforço aerodinâmico;
- p) as amostras de combustível estavam de acordo com suas respectivas especificações;
- q) os destroços da aeronave foram localizados em uma área de manguezal;
- r) as partes que se separaram da aeronave foram encontradas dispostas de modo linear até o núcleo dos destroços;
- s) não foram observadas no motor *Lycoming O-360-A4A*, NS L19060-36A, evidências que pudessem ser associadas a um funcionamento inadequado;
- t) não houve registro de acionamento do ELT;
- u) a aeronave ficou destruída; e
- v) todos os ocupantes faleceram.

3.2. Fatores contribuintes.

- **Aplicação dos comandos - indeterminado.**

Inferiu-se que na tentativa de manter o controle da aeronave, em condições meteorológicas adversas, em uma região de turbulência, o piloto teria reagido com deflexões bruscas nos comandos, o que teria provocado um elevado momento fletor nas asas em razão da ultrapassagem dos limites para o fator de carga positivo.

- Atenção - indeterminado

A extrapolação dos limites de velocidade da aeronave pode ter decorrido de uma fixação da atenção por parte do piloto em contornar as possíveis dificuldades relacionadas ao voo em condições meteorológicas deterioradas, para o qual não possuía habilitação para operar.

- Atitude - contribuiu.

A atitude de não considerar os procedimentos previstos para se manter em condições de voo visuais concorreu para a exposição da aeronave a elevado risco de acidente.

- Condições meteorológicas adversas - contribuiu.

A presença de fenômenos meteorológicos na rota, identificados por camada de nuvens baixas e precipitações de intensidade moderada a forte, com instabilidade atmosférica, associadas à nuvem TCU, interferiu na operação da aeronave de forma determinante.

- Desorientação - indeterminado.

Embora não haja evidências de que o avião tenha entrado em atitude anormal, é possível que o piloto em comando tenha se envolvido em um processo de confusão na interpretação da atitude da aeronave ao adentrar em nuvens pesadas e turbulência, o que pode ter resultado em correções amplas e bruscas dos comandos de voo.

- Indisciplina de voo - contribuiu.

Ao ingressar em área com instabilidade atmosférica e formações meteorológicas, o piloto deixou de observar a ICA 100-12/2016 Regras do Ar, que estabelecia os mínimos de visibilidade e de distância de nuvens em Condições Meteorológicas de Voo Visual (VMC).

- Julgamento de pilotagem - contribuiu.

Não houve uma avaliação adequada dos parâmetros relacionados à operação da aeronave, notadamente, quanto aos limites operacionais, para efeito da decisão pelo prosseguimento do voo em condições meteorológicas desfavoráveis ao voo VFR.

- Motivação - indeterminado.

A conhecida amizade com o passageiro que ocupava o assento dianteiro direito, o qual possuía habilitação de piloto e prática em realizar transporte de artistas, além dos compromissos familiares do segundo passageiro podem ter incentivado a continuação do voo para Maceió, de tal modo que se deixou de analisar criticamente o cenário e a capacidade de desempenho operacional, quando se deparou com as formações meteorológicas adversas.

- Percepção - indeterminado.

A manutenção do voo para o destino inicialmente programado sugeriu um possível rebaixamento do nível de consciência situacional, no qual os fatores de risco presentes no cenário e que poderiam afetar a operação não foram precisamente levados em consideração, comprometendo a segurança operacional.

- Planejamento de voo - contribuiu.

O voo envolvendo uma aeronave não certificada para voo IMC, em uma rota caracterizada pela presença de nuvens baixas e com precipitações de intensidade moderada a forte, associadas à nuvem TCU, revelou que houve inadequação nos trabalhos de preparação realizados pelo piloto para aquele tipo de operação, mormente nos aspectos relacionados às condições da rota.

- **Pouca experiência do piloto - indeterminado.**

É possível que a pouca experiência na condução de um voo em circunstâncias caracterizadas por instabilidade atmosférica tenha induzido o piloto, que se encontrava na operação da aeronave, manter velocidade incompatível e reagir com deflexões bruscas nos comandos, provocando um elevado momento fletor nas asas em razão da ultrapassagem das margens para o fator de carga positivo (carga "G") da aeronave.

- **Processo decisório - contribuiu.**

A decisão de manter o voo para Maceió, em condições incompatíveis com o voo visual, demonstraram fragilidades na avaliação da situação, cujos prováveis impactos na segurança do voo não foram adequadamente considerados.

Além disso, é presumível inferir que o fato de transportar um artista que possuía compromissos familiares no destino tornou-se um dado relevante para a tomada de decisão, em detrimento a relevantes aspectos relativos à manutenção da segurança da operação.

- **Processos organizacionais - indeterminado.**

A falta de processos formais para autorizar e supervisionar a utilização das aeronaves do ACA fora de sede pode ter contribuído para a realização deste voo em condições inapropriadas a segurança da operação.

- **Supervisão gerencial - indeterminado.**

A falta de mecanismos para acompanhar o planejamento dos voos das aeronaves do Aeroclube de Alagoas em missões fora de sede pode ter comprometido o monitoramento mais efetivo daquela operação, a ponto de evitar a realização do voo em condições atmosféricas que não eram favoráveis ao voo VFR.

4. RECOMENDAÇÕES DE SEGURANÇA

Proposta de uma autoridade de investigação de acidentes com base em informações derivadas de uma investigação, feita com a intenção de prevenir ocorrências aeronáuticas e que em nenhum caso tem como objetivo criar uma presunção de culpa ou responsabilidade. Além das recomendações de segurança decorrentes de investigações de ocorrências aeronáuticas, recomendações de segurança podem resultar de diversas fontes, incluindo atividades de prevenção.

Em consonância com a Lei nº 7.565/1986, as recomendações são emitidas unicamente em proveito da segurança de voo. Estas devem ser tratadas conforme estabelecido na NSCA 3-13 "Protocolos de Investigação de Ocorrências Aeronáuticas da Aviação Civil conduzidas pelo Estado Brasileiro".

Recomendações emitidas no ato da publicação deste relatório.

À Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC), recomenda-se:

A-082/CENIPA/2019- 01

Emitida em: 29/10/2020

Atuar junto ao Aeroclube de Alagoas, visando o aperfeiçoamento da supervisão gerencial no que se refere a liberação da aeronave, conforme previsto nos Art. 14 do Regimento Interno do CIAC, quanto a voos de navegação de sócios e uso particular de aeronaves.

A-082/CENIPA/2019- 02**Emitida em: 29/10/2020**

Certificar-se da adoção de medidas corretivas tomadas no âmbito do Aeroclube de Alagoas, visando alertar os seus pilotos sobre a necessidade da fiel observância dos limites operacionais das suas aeronaves, particularmente, da velocidade de manobra.

A-082/CENIPA/2019- 03**Emitida em: 29/10/2020**

Assegurar-se das providências adotadas pelo Aeroclube de Alagoas, no sentido de alertar os seus pilotos sobre a necessidade da fiel observância das Regras de Voo Visual, estabelecidas pela ICA 100-12/2016 - Regras do Ar, visando à segurança das operações aéreas de suas aeronaves, em especial, quando se tratar daquelas que não são certificadas para o voo IFR.

A-082/CENIPA/2019- 04**Emitida em: 29/10/2020**

Divulgar, aos CIAC, os ensinamentos colhidos na presente investigação, a fim de alertar pilotos e operadores sobre a importância da:

- a) criteriosa avaliação as condições meteorológicas da rota, que deverão estar compatíveis com o tipo de voo a ser realizado por suas aeronaves e pilotos, além dos riscos inerentes ao voo em condições meteorológicas adversas;
- b) necessidade da fiel observância dos limites operacionais das suas aeronaves, particularmente da velocidade de manobra; e
- c) indispensável observância das regras de Voo Visual, estabelecidas pela ICA 100-12/2016 - Regras do Ar.

5. AÇÕES CORRETIVAS OU PREVENTIVAS ADOTADAS.

Não houve.

Em, 29 de outubro de 2020.